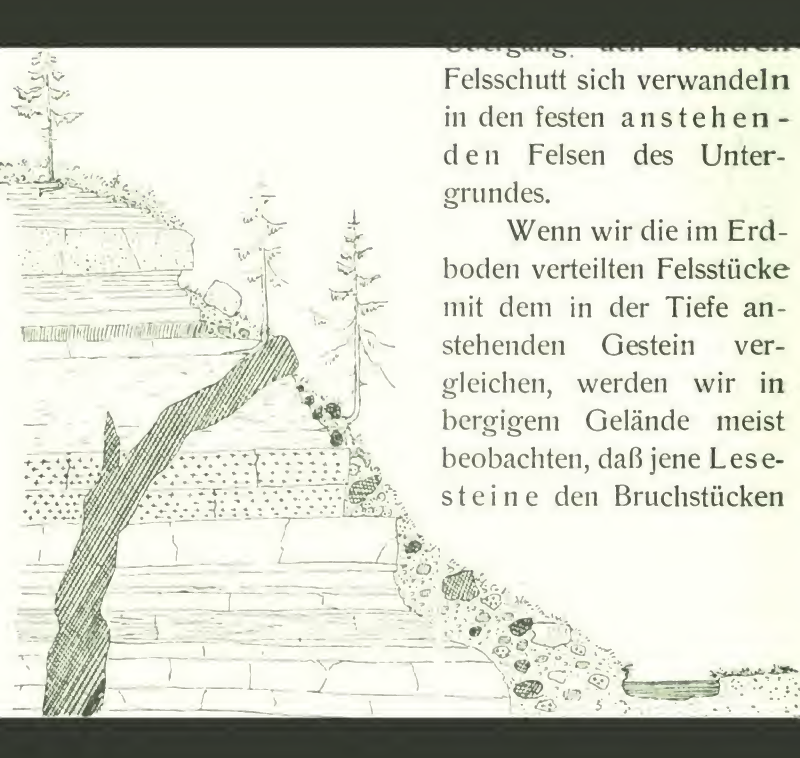
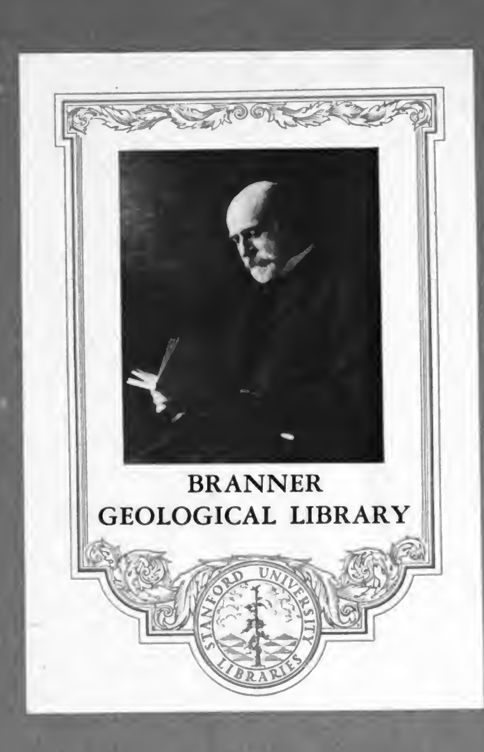


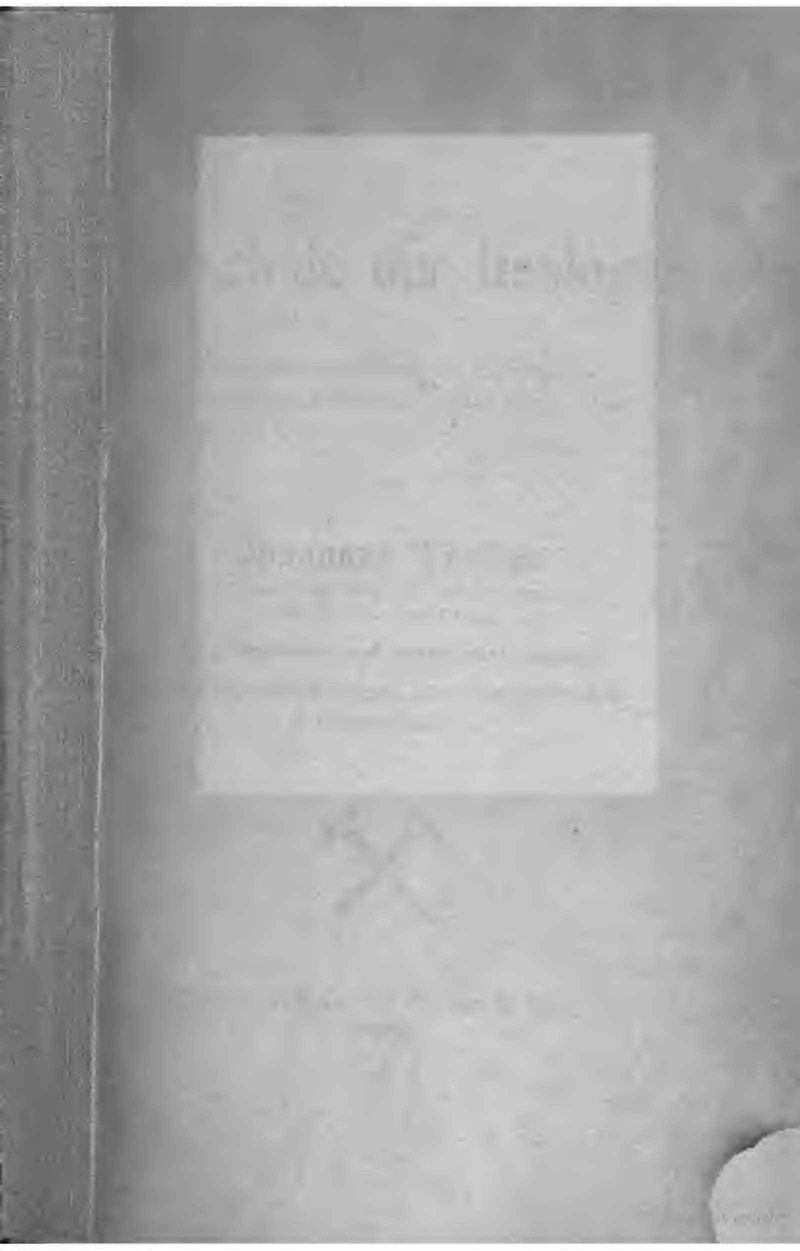
Felsschutt sich verwandeln in den festen anstehenden Felsen des Untergrundes.

Wenn wir die im Erdboden verteilten Felsstücke mit dem in der Tiefe anstehenden Gestein vergleichen, werden wir in bergigem Gelände meist beobachten, daß jene Lesesteine den Bruchstücken

Vorschule der geologie

Johannes Walther


BRANNER
GEOLOGICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
LIBRARIES



Vorschule der Geologie

Eine gemeinverständliche Einführung
und Anleitung zu Beobachtungen in der Heimat

von

Johannes Walther
ao. Professor der Geologie und Palaeontologie
an der Universität Jena.

Zweite ergänzte und verbesserte Auflage.

Mit 105 Originalzeichnungen, 132 Übungsaufgaben und
8 Ubersichtskarten.



Verlag von Gustav Fischer in Jena.
1906

Inhaltsübersicht.

	Seite
1. Einleitung	1—8
Literatur zum weiteren Studium	8—10
2. Die geologischen Aufschlüsse	10—13
Aufgaben: 1—6	13—14
3. Die Verwitterung	15—23
Aufgaben: 7—24	23—26
4. Die Folgen der Verwitterung	26—41
Aufgaben: 25—43	41—44
5. Die Felsarten	44—59
Aufgaben: 44—46	59—60
6. Die Gesteinsklüfte	60—68
Aufgaben: 47—52	68—71
7. Das unterirdische Wasser und die Quellen	71—81
Aufgaben: 53—61	81—82
8. Die Ausfüllung von Spalten und Hohlräumen	82—91
Aufgaben: 62—63	91—92
9. Die fließenden Gewässer	92—105
Aufgaben: 62—87	105—110
10. Die stehenden Gewässer	110—114
Aufgaben: 88—94	114—115
11. Am Meeresufer	115—123
Aufgaben: 95—105	123—125
12. Die Gebirge und Berge	125—134
Aufgaben: 106—111	134
13. Schichtenstörungen und Erdbeben	134—144
Aufgaben: 112—120	144—149

Seite

14. Plutonische Erscheinungen . . . . 149—154
15. Der Vulkanismus . . . . 155—164
    Aufgaben: 121—222 . . . . 164—165
16. Die Schichtenfolge . . . . 166—175
    Aufgaben: 123—126 176
17. Das Kartenbild . . . . 176—181
    Aufgaben: 127—132 . . . . 181—182
18. Die Zeitfolge . . . . 182—190
Literatur für geologische Exkursionen . . . . 191—218
Erklärung der Fremdwörter . . . . 219—222
Sachverzeichnis . . . . 223—230
Verbesserungen 230

1. Einleitung.

Um die Mitte des vergangenen Jahrhunderts lebte in Jena ein Naturforscher, ebenso merkwürdig durch seine seltsamen Schicksale, wie durch seine hohe pädagogische Begabung. Nach mannigfachen Irrfahrten hatte KARL SCHIMPER in Thüringen eine Zufluchtsstätte gefunden und sammelte einen Kreis von Gelehrten und Naturfreunden um sich, auf die er einen wahren Zauber ausübte. SCHLEIDEN, RIED, SCHÄFFER u. a. nahmen an seinen Vorlesungen und Wanderungen teil und haben uns Zeugnisse davon hinterlassen, wie feinsinnig SCHIMPER alltägliche Erscheinungen zu beobachten und ihnen einen tieferen Sinn beizulegen verstand.

Er besaß ein besonderes Talent, mit den einfachsten Mitteln physikalische Versuche zu veranstalten, und diese physica pauperum[1]), wie er sie nannte, wurde später von HERMANN SCHÄFFER weiter ausgebildet und durch seine Vorlesungen in weiteste Kreise verbreitet. Hunderte von Lehrern haben bei ihm gelernt, wie man auch ohne kostbare Apparate physikalische Erscheinungen darstellen und die ihnen zu Grunde liegenden Gesetze erläutern kann.

---

1) Physik der Armen, d. h. ohne teuere Apparate.

Obwohl SCHIMPER von Haus aus vorwiegend Botaniker war, so hatte er doch ein ebenso reges Interesse für geologische Erscheinungen und verfolgte mit seinen Schülern die Vorgänge der Verwitterung und Bodenbildung, der Gestaltung von Flußgeröllen und der Ausnagung der Täler. Er war einer der Pioniere der modernen Gletscher- und Eiszeitlehre, und glaubte sogar eine besondere Wissenschaft, die „Rhoologie“, begründen und die Form der Flußgerölle auf bestimmte Gesetze zurückführen zu können. Mein Vater, der zu dem Freundeskreis von SCHIMPER gehörte, erzählte mir oft von dessen geologischen Studien und weckte in mir frühzeitig das Interesse für jene Erscheinungen.

Auch in der Geologie [1]) gibt es zahllose Vorgänge und wichtige Gesetze, die man überall und ohne kostspielige Instrumente beobachten kann. Jeder Regenguß, jede Quelle, jedes Bachufer und jeder Steinbruch, ja selbst die einfachste Lehmgrube ist geeignet, um das stille Wirken der Naturkräfte zu verfolgen. Ein einzelner Kieselstein kann uns weite Gesichtspunkte eröffnen, und so dürfte es berechtigt sein, bildlich auch von einer „geologia pauperum“ zu reden — wir verstehen darunter eine Behandlung geologischer Vorgänge und Tatsachen, die ohne besondere chemische, mineralogische oder mathematische Voraussetzungen an die alltäglichen Erscheinungen anknüpft und das Interesse für die Heimat belebt.

Obwohl die Geologie die Grundlagen der geographischen Verhältnisse, der Pflanzen- und Tierverbreitung, ja der ganzen kulturellen Entwicklung eines Landes be-

1) Geologie = Erdwissenschaft, d. h. die Lehre von der Beschaffenheit, Veränderung und Entstehung der Erde.

handelt, so wissen doch nur wenige Gebildete etwas von der Methode, den Zielen und dem Forschungsinhalt dieser Wissenschaft. Immer wieder begegnet man der Meinung, daß sie wesentlich ein Gebäude phantasievoller Hypothesen über die Urgeschichte der Erde sei und daher strengeren Anforderungen an folgerichtige Beweisführung nicht genügen könne. In weiten Kreisen aber verwechselt man vielfach Mineralogie [1]) mit Geologie und überträgt den Inhalt der einen Wissenschaft auf die andere. Ein Blick in die grundlegenden Lehrbücher der Mineralogie lehrt uns, daß im Rahmen derselben keine einzige geologische Frage behandelt wird; von den etwa 1000 bekannten Mineralien sind einige 30 gesteinsbildend, d. h. geologisch wichtig, alle anderen kommen als verhältnismäßig seltene Funde vor; und sogar die Lagerstätten der technisch wertvollen Mineralien und Erze werden mit spezifisch geologischen Methoden untersucht.

Aber trotzdem beharren Schulbücher und populäre Bücher über das sog. „Steinreich“ vielfach auf einem von der Wissenschaft längst überholten Standpunkt und behandeln die geologischen Probleme als Anhang und Einschiebung in rein mineralogische Erörterungen. Dabei lernt der Schüler niemals geologisch denken. Das für die Bildung jedes Menschen so wichtige Prinzip der historischen Analyse verwickelter Tatsachen wird ihm nicht deutlich; er gelangt nie recht dazu, die täglichen Erscheinungen in der ihn umgebenden Natur als die Folge langandauernder früherer Vorgänge und als den Beginn zukünftiger Bewegungen anzusehen. So kommt

1) Mineralogie = die Wissenschaft von den Eigenschaften und der Bildungsweise der einzelnen Mineralien.

auch die Selbständigkeit der geologischen Wissenschaft nicht zum Ausdruck, und die meisten Gebildeten hören kaum, daß es eine solche Wissenschaft gibt.

Aber auch von seiten der Fachgeologen ist viel versäumt worden, um unserer Wissenschaft die Stellung zu erringen, die ihr im Bildungswesen der Gegenwart gebührt. In fast klösterlicher Abgeschiedenheit haben die Forscher im vergangenen Jahrhundert ein unübersehbares Tatsachenmaterial angehäuft, es ist jedoch in einer schwer verständlichen Kunstsprache geschrieben und in oft kostspieligen Tafeln und Kartenwerken dargestellt. Nur wenige Fachgeologen versuchten es, die Summe ihres Wissens Fernerstehenden mitzuteilen; die für die Beurteilung ihrer Ergebnisse so wichtigen Methoden der Forschung wurden aber dabei entweder gar nicht oder ungenügend behandelt. Vielfach überließ man es geistreichen, aber geologisch ungeschulten Schriftstellern, die nicht imstande wären, eine geologische Karte zu lesen oder ein Profil zu verstehen, den Schaum von der Wissenschaft abzuheben, und so erhielt die Ansicht, daß die Geologie bloß ein anregendes Gedankenspiel sei, immer neue Nahrung.

In der letzten Zeit ist die wissenschaftliche Geologie aus dieser Zurückhaltung endlich herausgetreten. Allgemein verständliche Werke, populäre Vorlesungen und Vorträge sollen Interesse für die „unbekannte“ Wissenschaft wecken und geologische Kenntnisse verbreiten. Die geologischen Kartenblätter werden so billig in den Buchhandel gebracht, daß sie jeder kaufen kann, dessen Beruf an die Beschaffenheit der Erdrinde geknüpft ist. Die geologischen Landesanstalten vermitteln Gutachten und Auskünfte über geologische Fragen und sind bemüht, die

Früchte ihrer Arbeit den Kulturaufgaben dienstbar zu machen.

Aber was bedeuten alle diese Bemühungen gegenüber der ungeheuren Kluft, welche die Geologie noch immer vom praktischen Leben trennt. Es gibt nur ein einziges Mittel, diese zu überbrücken, und das ist die Einführung der Geologie in den Schulunterricht. Die Deutsche Geologische Gesellschaft hat einen dahin gehenden Antrag im vergangenen Jahre den Unterrichtsministerien der deutschen Staaten unterbreitet, und darauf sind Antworten eingegangen, welche auf eine baldige Änderung der jetzigen Verhältnisse hoffen lassen.

Die Unterrichtskommission [1]) der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte hat die Frage gründlich erwogen und sagt in ihrem soeben veröffentlichten Bericht:

„Für Chemie nebst Mineralogie sind zwei Wochenstunden von der Untersecunda bis zur Oberprima angenommen."

„Die Geologie ist dem Unterricht der oberen Klassen zugewiesen. Sie soll im Sommerhalbjahr der Oberprima behandelt werden und als Abschluß des chemisch-biologischen Unterrichtes den Schülern ein lebendiges Bild unserer Kenntnis von dem Aufbau der Erde darbieten, ... in der Weise, daß ein großer Teil der Fragen von der allgemeinen Geologie schon in den mittleren Klassen durch Beobachtungen auf gemeinschaftlichen Ausflügen und im Anschluß daran im naturwissenschaftlichen und geographischen Unterricht vorbereitet wird, und daß auch

1) GUTZMER, Verh. d. Ges. deutsch. Naturforscher und Ärzte. 1905. S. 9. 10 und 41.

die Paläontologie in dem vorhergegangenen biologischen Unterrichte eine Grundlage findet."

Gleichzeitig hat der XV. deutsche Geographentag in Danzig [1]) folgende Thesen angenommen:

„Es ist wünschenswert, daß wichtige Fragen der dynamischen Geologie in dem Erdkunde-Unterricht der höheren Lehranstalten behandelt werden, damit das Verständnis für die Entstehung des Bodens und seiner Formen, vor allem in der Heimat gefördert wird."

„Um eine zusammenhängende Behandlung größerer erdgeschichtlicher Fragen zu ermöglichen, muß die alte Forderung der Fortführung des erdkundlichen Unterrichts durch die oberen Klassen von neuem betont werden."

Möchten doch die Bestrebungen dieser maßgebenden Körperschaften bald zum Ziele führen.

Der hohe Bildungswert der Geologie beruht vornehmlich darin, daß sie unser Auge öffnet für eine ganze Welt von natürlichen Erscheinungen und Vorgängen, an denen die meisten Menschen achtlos vorübergehen. Die geographischen Formen des Landschaftsbildes, die Gestalt der Berge und Täler, die Verteilung von wasserreichem und trockenem, fruchtbarem und sterilem Boden, die Richtung und das Gefälle der Flüsse, die Standorte der Pflanzen, die Wohnsitze der Tiere und Menschen, Siedelung und Bevölkerungsdichte, Reichtum und Armut einer Gegend, ja sogar die geschichtliche Entwicklung eines Landes ist abhängig von geologischen Tatsachen. Die geheimnisvolle Tätigkeit der Naturkräfte läßt sich von der Bildung der Ackerkrume bis zu den geologischen Veränderungen des Klimas und den großen Umwälzungen

1) KOLLM, Zeitschr. der Ges. für Erdkunde. Berlin 1905. No. 7. S. 516.

der Erdgeschichte Schritt für Schritt verfolgen und erläutern. So wird uns die „eintönigste“ Wanderung durch die „langweiligste“ Gegend interessant, der „tote“ Erdboden gewinnt ein neues Leben, und „alltägliche“ Erscheinungen knüpfen sich an großartige, weltbeherrschende Gesetze.

Die Geologie zeigt uns aber zugleich die Stellen an, wo man Bergwerke und Steinbrüche anzulegen, Ton, Mergel und Torf zu graben, Kohlenlager oder Salzquellen aufzusuchen hat. Wir können auf der geologischen Karte mit einem Blick erkennen, von welcher Fundstelle Straßenschotter oder Pflastersteine am besten zu gewinnen sind, wie Eisenbahnen oder Straßen, Häuser und Fabriken zweckmäßig anzulegen, Quellen aufzusuchen und die natürlichen Grundlagen des land- und forstwirtschaftlichen Betriebes zu erklären sind.

Bei dieser weittragenden Bedeutung geologischer Karten für zahllose praktische und ideale Aufgaben kann man es wohl verstehen, daß alle Kulturnationen jährlich große Summen für die Aufnahme und Veröffentlichung geologischer Kartenwerke aufwenden; z. B. verausgabt

Baden	25 000	M.
Bayern	20 000	„
Elsaß-Lothringen	28 000	„
Hessen	35 000	„
Sachsen (erste Kartierung ist abgeschlossen) für Neubearbeitung	25 000	„
Preußen und Nachbarstaaten	530 000	„
Österreich-Ungarn	460 000	„
Großbritannien	364 000	„
Frankreich	86 000	„
Rußland	160 000	„
Schweden	108 000	„
Kanada	584 000	„
Vereinigte Staaten von Nordamerika	4 000 000	„
Mexico	160 000	„
Ost-Indien u. Ceylon	550 000	„

Zu diesen Summen kommen noch sehr beträchtliche Ausgaben, welche dieselben Staaten durch die geologischen Institute an Universitäten und Bergakademien in den Dienst geologischer Untersuchungen stellen, sowie die einmaligen Aufwendungen, welche Akademien, Aktiengesellschaften und private Unternehmer für geologische Reisen in und außerhalb Europas machen.

Alles in allem genommen, darf man wohl ohne Übertreibung behaupten, daß die Geologie im Haushalt der Staatsfinanzen von allen Wissenschaften die wichtigste Rolle spielt. Denn es ist leicht zu beweisen, daß Millionen gespart und Millionen verschwendet werden können, je nachdem bei den früher aufgezählten Unternehmungen die natürlichen Grundlagen, wie sie auf den geologischen Karten dargestellt sind, benutzt oder mißachtet werden.

Demnach darf man wohl sagen, daß eine gewisse Summe geologischer Kenntnisse eigentlich für jeden Gebildeten aus ideellen und praktischen Gründen unerläßlich ist; und so wollen wir versuchen, soweit dies ohne mündliche Unterweisung möglich erscheint, die wichtigsten geologischen Grundbegriffe an der Hand leicht verständlicher und fast überall vorkommender Erscheinungen zu erläutern.

Wer dann den Wunsch hat, noch tiefer in die geologische Wissenschaft einzudringen, wird in den nachfolgend aufgezählten Büchern weitere Anregung und ausführlichere Literaturangaben finden.

I. Zusammenfassende Lehrbücher:

Credner, Elemente der Geologie. IX. Aufl. 1902. 802 S. mit 624 Abb.

Gümbel, Grundzüge der Geologie. Kassel 1888. 1144 S. mit vielen Abbildungen.

Kayser, Allg. Geologie. I. Aufl. Formationskunde. II. Aufl. 1902. 624 S. mit 135 Fig. und 85 Fossiltafeln.
Keilhack, Praktische Geologie. Stuttgart 1896. 638 S. mit 232 Figuren und 2 Tafeln.
Toula, Lehrbuch der Geologie. 1902. 412 S. mit 367 Figuren und 30 Tafeln mit Leitfossilien und 2 geol. Karten.
K. v. Zittel, Geschichte der Geologie und Paläontologie. München 1899.

II. Mineralien, Bodenarten und Gesteine:

Gürich, Das Mineralreich. Neudamm. 754 S. mit 521 Figuren und 8 Tafeln.
Linck, Tabellen zur Gesteinskunde. Jena 1902. Mit 3 Tafeln.
Ramann, Bodenkunde. II. Aufl. Berlin 1905.
Rinne, Gesteinskunde. II. Aufl. Hannover 1905. 285 S. mit 319 Figuren und 3 Tafeln.
Wahnschaffe, Anleitung zur wissenschaftlichen Bodenuntersuchung. Berlin 1903.

III. Versteinerungen:

s. a. I. CREDNER, KAYSER, TOULA, sowie V. FRECH, NEUMAYR.
Koken, Die Leitfossilien. Leipzig 1896. 848 S. mit 900 Figuren.
Steinmann, Einführung in die Paläontologie. Leipzig 1903. 466 S. mit 818 Figuren.
Zittel, Grundzüge der Paläontologie. München 1903. I. 558 S. mit 1405 Figuren.

IV. Geologische Kräfte:

s. a. I. CREDNER, GÜMBEL, KAYSER, TOULA, V. NEUMAYR.
Brückner, Die feste Erdrinde (in HANN, BRÜCKNER, KIRCHHOFF Allg. Erdkunde). Wien 1897.
Fritsch, Allgemeine Geologie. Stuttgart 1888. 500 S. m. 102 Fig.
E. Piltz, Aufgaben und Fragen für Naturbeobachtung der Schüler in der Heimat. Weimar 1902.
v. Richthofen, Führer für Forschungsreisende. Berlin 1886. Neudruck. 745 S. mit 111 Figuren.
Supan, Physische Erdkunde. II. Aufl. Leipzig 1903. Mit 330 Figuren und 20 Karten.
Johannes Walther, Allgemeine Meereskunde. Leipzig 1893. 296 S. mit 72 Figuren und 1 Karte.
— Einleitung in die Geologie. Jena 1893/94. 1055 S.
— Das Gesetz der Wüstenbildung. Berlin 1900. 175 S. mit 50 Bildern.

V. Erdgeschichte:

Bommeli, Geschichte der Erde. Stuttgart 1898. 644 S. mit vielen Figuren.
Frech (Römer), Lethaea palaeozoica. Stuttgart 1897. Mit vielen Abbildungen und Tafeln.
H. Haas, Aus der Sturm- und Drangperiode der Erde. Berlin 1893/94. Mit vielen Abbildungen.
Heer, Urwelt der Schweiz. Zürich 1865. 622 S. mit 368 Figuren, 18 Tafeln und 1 Karte.
Koken, Die Vorwelt. Leipzig 1893. 654 S. mit 117 Figuren und 2 Karten.
Neumayr (Uhlig), Erdgeschichte. Leipzig 1886 u. 1899. 2 Bde. 1534 S. mit 915 Figuren, 27 Tafeln und 4 geol. Karten.
Carus-Sterne (Bölsche), Werden und Vergehen. Berlin 1904. 2 Bde. mit vielen Abbildungen.

Demnächst erscheint:
Johannes Walther, Geschichte der Erde und des Lebens.

---

2. Die geologischen Aufschlüsse.

Die Formen der Landschaft, die Gestalt von Berg und Tal, die Verteilung von Wald und Wiese, die Fruchtbarkeit des Bodens und die Besiedelung unserer Heimat werden ursächlich bedingt durch den geologischen Bau der Erdrinde, durch die Verteilung von härteren und weicheren, wasserdurchlässigen oder wassertragenden, Ackerkrume bildenden oder unfruchtbaren Felsarten. Wenn wir daher die geographischen und wirtschaftlichen Verhältnisse unserer Heimat nach ihren Ursachen verstehen wollen, müssen wir die geologischen Grundlagen des Landes kennen lernen.

Aber diese Aufgabe ist nicht leicht. Denn das Felsgerüst der Erde wird fast überall von zwei übereinander liegenden Decken verhüllt, die wir das Pflanzenkleid

und das Schuttkleid nennen wollen. Da, wo diese Decken auf natürlichem oder künstlichem Wege entfernt sind, fangen wir unsere geologischen Beobachtungen an.

In den kahlen Wildnissen der Hochgebirge, in pflanzenleeren Wüsten und am klippenreichen Ufer des Meeres liegt der innere Aufbau der Erde auf weite Flächen klar zutage. Anders in unserem Klima, wo ein dichtes Gefüge von Gräsern, Moosen, Flechten oder Bäumen fast überall den nackten Erdboden verhüllt und nur wenige Stellen frei läßt, an denen wir anstehende Gesteine untersuchen können. Wir nennen solche Stellen: Aufschlüsse und unterscheiden die natürlichen Aufschlüsse, wo an steileren Böschungen der „gewachsene“ Felsen zutage tritt, von den künstlichen Aufschlüssen, die bei der Anlage von Steinbrüchen, Wegen, Eisenbahnen, Tunneln, Bergwerken, Häusern oder Brunnen entstehen.

Mögen wir als Fachgeologen eine bis dahin unbekannte Gegend erforschen oder als Anfänger die ersten Schritte auf dem Gebiete der Geologie versuchen — wir müssen damit beginnen, alle künstlichen und natürlichen Aufschlüsse zu studieren.

Am geeignetsten für diesen Zweck sind die Steinbrüche, weil sie in der Regel in beträchtlichere Tiefe unter die Erdoberfläche hinabreichen und die Beziehungen zwischen Untergrund und Erdoberfläche am besten zu verfolgen erlauben.

Wir beobachten in bergigem Gelände in der Regel folgendes: Die Oberfläche des Bodens wird gebildet von einer mehr oder weniger mit Steinen durchsetzten Erde (Ackerkrume, Mutterboden, Dammerde), welche durchzogen wird von den Wurzeln der Gräser, Kräuter, Sträucher

und Bäume, und ihnen Halt und Nahrung bietet. Der oben meist weiche und feinkörnige Erdboden wird nach der Tiefe zu immer steiniger, die zerkleinerten Felsbrocken nehmen an Größe und Zahl zu, und indem wir immer tiefere Gebiete betrachten, sehen wir in allmählichem Übergang den lockeren Felsschutt sich verwandeln in den festen anstehenden Felsen des Untergrundes.

Wenn wir die im Erdboden verteilten Felsstücke mit dem in der Tiefe anstehenden Gestein vergleichen, werden wir in bergigem Gelände meist beobachten, daß jene Lesesteine den Bruchstücken

Fig. 1. Durchschnitt durch einen bewachsenen und mit Schutt bedeckten Bergabhang am linken Ufer eines Flußlaufes. Geschichtete Gesteine verschiedener Art (durch Signaturen unterschieden) werden von einem vulkanischen Porphyrgang (kreuzweise schraffiert) durchsetzt. Von den mannigfaltigen Felsarten sind nur drei anstehend in natürlichen Aufschlüssen zu beobachten, alle anderen sind von der Schuttdecke verhüllt. Die verschiedenen Gesteine mischen sich im Gehängeschutt; ein auf der zum Fluß hinabsinkenden Schuttdecke wachsender Baumstamm ist unten gebogen.

des darunter anstehenden Gesteins entsprechen. Geringe Unterschiede in Farbe und Härte sind durch die noch zu schildernde Verwitterung bedingt.

Bisweilen aber treten fremde Brocken darin auf, deren Herkunft untersucht werden muß. Sie stammen an größeren Berglehnen meist von Gesteinen, die an einem höheren Teil des Berges anstehend beobachtet werden, und sind den Bergabhang herab gewandert, oder sie erscheinen als fremde Einwanderer, welche durch Wasser oder Eis von ferne herbeigetragen wurden. Je geringer der Böschungswinkel des Geländes ist, desto zahlreicher treten im allgemeinen die fremden Gesteinsarten im Boden auf.

Im Tiefland ist die Schuttdecke meist sehr mächtig; ihre ganze Masse ist entweder aus weiter Ferne herbeigetragen oder durch jahrtausendelange Verwitterung aus den Trümmern der benachbarten Berge entstanden. Dann ragen nur noch ganz vereinzelte Felsen anstehenden Gesteins aus dem Schuttlande auf.

Aufgaben:

1. Suche jeden Aufschluß in der Umgebung deines Wohnortes auf und miß die Mächtigkeit (Dicke) des Schuttes nach Centimetern; er liegt bei wechselnder Böschung verschieden hoch, die Wurzeln der Pflanzen dringen verschieden tief hinein, die Menge der im Ackerboden verteilten Lesesteine (oft Bruchstücke des darunterliegenden Felsens) wechselt.

2. Sammle in verschiedenen Aufschlüssen jedesmal das dort anstehende frische Gestein und vergleiche es mit den verwitterten Brocken in der Dammerde. Mit dem Steinhammer erzeuge an jedem verwitterten Stück eine frische Bruchfläche, um den unverwitterten Kern studieren zu können. Der geologische Hammer soll aus gutem Stahl bestehen, ein Gewicht von etwa 250 g haben, auf einer Seite vierkantig sein, auf der anderen eine Schneide besitzen. Ob diese senkrecht oder wagrecht gestellt sein soll, hängt von dem persönlichen Geschmack

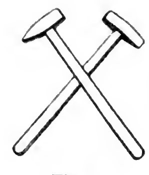


Fig. 2.

des Bestellers ab. Die Härte des Stahles muß gut ausprobiert sein; wer kristallinische Gesteine schlagen will, wird härteren Stahl anwenden, als wer Versteinerungen in Kalkstein sammelt. Der aus langfaserigem Eschenholz zugerichtete Stiel soll 40 cm lang, nicht zu dick und von eiförmigem Querschnitt sein. Man befestigt ihn in dem nach unten etwas verjüngten Loch des Hammers durch eingeleimte Holzkeile. Geologenhämmer kann man von jeder Eisen- und Mineralienhandlung beziehen oder durch einen geschickten Schmied fertigen lassen.

Man beginne zuerst mit weicheren Felsarten, um sich im Schlagen zu üben und den Hammer im Gebrauch zu festigen. Das Stück wird in der linken Hand gehalten und durch kurze Schläge zerteilt, wobei besonders die Kanten der breiten Hammerseite zu benutzen sind. Die geschärfte Seite des Hammers dient zum Aufhacken des Bodens, oder um kleinere Objekte von einem größeren Felsstück zu lösen. Den Hammer trägt man, durch eine Lederhülle geschützt, in der Reisetasche (Rucksack) oder an einem Leibriemen.

3. Fremde, nicht im Aufschluß anstehende Gesteinsarten lies besonders heraus; suche festzustellen, woher sie stammen. (Entweder vom höheren Berggehänge, aus dem Flußgebiet der nächsten Wasserläufe oder von ferne her.)

4. Jedes gesammelte Stück muß in ein Stück Papier, das man zwei- bis dreimal herumwickelt, eingeschlagen werden, da es sonst in der Tasche oder im Rucksack abgerieben und unbrauchbar wird. Lege zu jedem gesammelten Stücke eine Etikette, d. h. ein Stückchen weißes Papier, das man am besten von einem kleinen Notizblock abreißt und nach dem Beschreiben einmal zusammenfaltet. Darauf notiere genau den Fundort, die Umstände des Fundes und das Datum. Mehrere Stücke von demselben Fundort versehe man im Freien mittelst Buntstift mit demselben Zeichen, das man zu Hause auf die Etiketten überträgt. Ohne Etikette sind gesammelte Stücke wertlos.

5. Jedem, der sich für Geologie interessiert, ist der Besuch eines Bergwerks dringend zu empfehlen, weil man nur dort ein rechtes Urteil über den inneren Bau der Erdrinde gewinnt.

6. Zeichne, wenn auch noch so unvollkommen, alles ab, was du in einem Aufschluß beobachtest; ergänze die Zeichnung durch erläuternde Worte und genaue Zahlen. Man lernt dabei schärfer beobachten und beim Betrachten anderer Aufschlüsse erinnert man sich rasch des Gesehenen.

3. Die Verwitterung.

Die Lesesteine, welche auf Feld und Waldboden verstreut sind, und die der Landwirt an den Rainen zwischen den Feldern zusammenträgt, unterscheiden sich nach Form, Farbe und Härte meist augenfällig von den Felsbrocken, die wir als Abfälle des Steinbruchbetriebes herumliegen sehen. Hier lernen wir die ursprünglichen Eigenschaften des gesunden Gesteins, dort die abgeänderten des verwitterten Schuttes kennen.

Die Lesesteine sind meist enteckt und entkantet; ihre Vorsprünge sind gerundet, und eine grau oder gelb gefärbte, weichere Rindenschicht verhüllt den noch festen Kern. Wir brauchen nur das Stück mit dem Hammer zu zerschlagen, um deutlich zu erkennen, daß es von der Oberfläche nach innen zu verändert worden ist. Die sehr verschiedenartigen Vorgänge, welche diese Wirkung am einzelnen Stück wie an ganzen Bergwänden hervorrufen, nennen wir Verwitterung, weil sie meist durch die Witterungseinflüsse veranlaßt werden. Man kann die Verwitterungsvorgänge in drei Gruppen einteilen: physikalische[1]), chemische und organische.

I. Physikalische Verwitterung.

Die Sonnenstrahlen erwärmen Felswände und einzelne Steine, besonders wenn dieselben dunkel gefärbt sind, sehr stark. In den Wüsten hat man Felsentemperaturen von 75° C beobachtet. Aber auch bei uns kann man im heißen Sommer leicht eine sehr beträchtliche Erwärmung

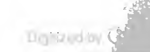
1) d. h. Zerfall eines Gesteins ohne Änderung seiner chemischen Zusammensetzung.

der Felsen nachweisen. Um die bei der physikalischen Verwitterung wirksame, rasche Abkühlung ermessen zu können, bestimme man die Temperatur des bei einem Gewitterguß herniederfallenden Regenwassers, und man wird leicht einsehen, daß selbst harte Felsarten von Sprüngen durchsetzt werden, wenn ihre von der Sonne erwärmte und ausgedehnte Oberfläche plötzlich vom kalten Gewitterguß getroffen wird. Die Tiefe und Länge der so entstehenden Spalten ist natürlich um so beträchtlicher, je greller und rascher die Abkühlung erfolgt, und so sehen wir in unserem Klima nur ganz feine Haarspalten entstehen, während in den heißen Klimagebieten tiefe Zerklüftungen der Felsen eintreten.

Indem der oben geschilderte Vorgang sich öfters wiederholt, vermag die physikalische Verwitterung in jahrhundertelanger Arbeit auch bei uns, selbst größere Steine zu zerteilen.

Wenn im Frühling und Herbst tagsüber Regenwasser in die kleinen Haarspalten der Gesteine eingedrungen ist, dann friert es oft während der Nacht darin. Beim Übergang aus dem flüssigen in den festen Zustand erfolgt eine ungefähr $1/11$ betragende Raumvermehrung des Wassers, und dabei wird die Spalte um diesen Betrag auseinandergepreßt. Dieser Vorgang (Spaltenfrost) kann sich so oft wiederholen, daß das feste Felsgestein in Bruchstücke zerfällt.

Im Hochgebirge gewinnt diese Zerklüftung auch im Sommer eine besondere Bedeutung, und manche Felswände können während der Vormittagsstunden wegen der beständig herabstürzenden Felssprengstücke (Steinschläge) nicht begangen werden.



Im Herbst und Spätwinter, wenn zahlreiche Eiskristalle im Boden wachsen und kleine Steinchen nebst Erdbröckchen mit emporheben, wird der Ackerboden zermürbt, die schweren Schollen zerfallen und sind zur Aufnahme der Frühjahrssaat vorbereitet.

II. Die chemische Verwitterung.

Die chemische [1]) Verwitterung wirkt unter Mithilfe des flüssigen Wassers, das als Regen oder Schnee vom Himmel fällt, langsam in den Boden sickert und endlich in den Klüften des Felsens versiegt. Im Saalegebiet fließen nach ULE 15 Proz. aller Niederschläge direkt ab, 15 Proz. gelangen durch Absickern zum Fluß, 20 Proz. verbrauchen die Organismen und 50 Proz. verdunsten. Da es viele Tage im Jahre regnet und schneit, dringen immer neue Wassermengen in den Erdboden hinein, und wenn auch die geologische Wirkung des einzelnen Wassertropfens gering bleibt, so ist die Wirkung von einer Million Tropfen schon wesentlich stärker, und im Laufe von Jahrzehnten steigert sich die verwitternde Kraft immer mehr.

Das Wasser wirkt zunächst als Lösungsmittel, indem es ganz geringe Spuren von dem Gestein, über das es hinwegsickert, in sich aufnimmt. Manche Gesteine, wie Salz oder Gips, sind sehr leicht löslich. Andere, wie Kalk und Dolomit, sind schwerer löslich, aber es läßt sich beweisen, daß es überhaupt keine unlöslichen Mineralien gibt. Denn wir brauchen nur die Bestandteile der sog. Mineralquellen zu mustern, um eine große Anzahl

---

1) d. h. Zerfall eines Gesteins unter Aenderung seiner chemischen Zusammensetzung.

von Substanzen darin gelöst zu sehen, die man in der Regel für unlöslich halten möchte. Selbst Kieselsäure und Schwerspat sind unter bestimmten Bedingungen im Wasser löslich, wie die Pseudomorphosen nach ihnen beweisen. Die Fähigkeit des Wassers, Mineralien und mineralische Substanzen zu lösen, wird erhöht, wenn seine Temperatur steigt, wenn Kohlensäure oder andere Säuren darin gelöst sind, oder wenn es Alkalien enthält. Oft besteht ein Gestein aus einer Mischung leicht und schwer löslicher Mineralien. Dann werden jene rascher gelöst, und diese bilden ein Gerüst, zwischen dem kleine und große Hohlräume übrig bleiben. Aber dadurch wird die Festigkeit des ganzen Gesteins sehr wesentlich vermindert, und es unterliegt leichter der Zertrümmerung durch physikalische Verwitterungsvorgänge. Das Wasser wird ferner chemisch gebunden (von Feldspäten unter Zeolith-, von Augiten und Hornblenden unter Chlorit-, von Olivin unter Serpentin-, von Anhydrit unter Gipsbildung). Dabei tritt Volumenvergrößerung und Zersprengung der anderen Bestandteile des Gesteins ein.

Die lösende Kraft des Wassers läßt sich über und unter der Erde oft studieren. Kalkgebirge sind von tiefen Schluchten (Klamm) zerschnitten und zerfurcht, unterirdische Spalten werden erweitert und kleine Lücken in ausgedehnte Höhlen verwandelt.

Neben den verhältnismäßig einfachen Vorgängen der Lösung spielt die Zersetzung verwitternder Felsarten eine sehr große Rolle. Wenn wir Eisenfeilspäne eine Zeitlang im Freien liegen lassen, dann verwandelt sich der graue, metallisch glänzende Eisensand in eine rostbraune, erdige Masse. Das Eisen hat Sauerstoff und

Wasser aufgenommen und sich chemisch verändert. Machen wir denselben Versuch mit Kupferspänen, so entsteht eine grüne Substanz, während Späne von Zink, Nickel, Silber oder Gold lange Zeit unverändert bleiben. Es gibt also Substanzen, die sich unter dem Einfluß der Verwitterung rasch verändern, während andere den verwitternden Kräften länger Widerstand leisten.

Fast alle vulkanischen Gesteine enthalten dunkel gefärbte Bestandteile, die sehr eisenreich sind. Sie sind bei Zutritt des atmosphärischen Sauerstoffs der Zersetzung durch das Regenwasser sehr leicht unterworfen und verwandeln sich ganz ähnlich wie Eisenfeilspäne rasch in ockergelben Rost. Dadurch aber wird das Gefüge des ganzen Gesteins gelockert, das Regenwasser spült den weichen Rost heraus, und nach der Tiefe zu geht die Zersetzung immer weiter. Im allgemeinen wird man rostgelbe Gesteine als stark verwittert betrachten dürfen.

Auch wenn im Wasser Salze gelöst sind, hat es eine viel stärker verwitternde Kraft. Man kann dies gut an felsigen Meeresküsten beobachten, wo die im Gestein enthaltenen Seewassermengen sehr wesentlich zu deren Zerbröckelung und Zerstörung beitragen. Deshalb verwittern auch die Felsen in den Wüsten so stark, denn hier sind Salze weitverbreitet, die in der Bodenfeuchtigkeit gelöst, durch alle Gesteine dringen und deren Zerfall beschleunigen. Aber auch an jedem Stallgebäude, dessen Grundmauern und Mauern unter dem Einfluß des Düngers beständig von Kalksalpeter, Hippursäure usw. getränkt werden, kann man sich überzeugen, daß hier die Verwitterung und Zerstörung der Mauersteine besonders lebhaft vor sich geht.

III. Die organische [1]) Verwitterung.

Alle die geschilderten Vorgänge werden aber begleitet und unterstützt von mannigfaltigen Erscheinungen, die auf den Lebensprozeß von Pflanzen und Tieren zurückzuführen sind. Wir beginnen mit der Betrachtung der kleinsten Lebewesen, der Bakterien, die überall im Boden enthalten sind und bei der eigentlichen Bodenbildung eine sehr maßgebende Rolle spielen, da sie bei ihrem Lebensvorgang eine ganze Anzahl chemischer Veränderungen in ihrer Umgebung hervorrufen.

Die Zahl der im Erdboden enthaltenen mikroskopisch kleinen Spaltpilze (Bakterien) ist ungeheuer groß. Im Ackerboden und besonders in der Umgebung von Düngergruben sind sie zahllos. Noch in 1 m Tiefe enthält 1 cbm Erde bis 150 000 Bakterien. Mit zunehmender Tiefe sinkt ihre Zahl, und in 3—5 m Tiefe verschwinden sie.

Manche Spaltpilze entwickeln durch ihre Lebensvorgänge Kohlensäure, andere Salpetersäure oder salpetrige Säure, Ammoniak, Schwefelwasserstoff oder Sumpfgas. Die gesperrt gedruckten Stoffe sind von großer Bedeutung für das Wachstum und die Ernährung der höheren Pflanzen (Getreide, Bäume), deshalb gehören die kleinen Lebewesen, die diese Stoffe im Boden erzeugen, zu den nützlichsten Geschöpfen.

Unter den niederen Pflanzen hätten wir dann die Flechten zu nennen, welche so genügsam sind, daß man 47 Arten sogar auf Fensterglas beobachtet hat. Ihre grauen,

1) d. h. Lockerung und Zerfall der Gesteine unter dem Einfluß von lebenden Pflanzen und Tieren.

bräunlichen oder gelben Rinden überziehen selbst den härtesten Felsen, und mit zarten Wurzelfortsätzen bohren sie sich kleine Höhlungen in denselben. Rasch ändern sie die Farbe des frischen Steinschuttes in Steinbrüchen oder an hohen Schutthalden; selbst die Lavaströme des Vesuv überziehen sich schon nach 5 Jahren mit Flechten. Ihre Einwirkung auf das Gestein ist geringfügig, aber sie kann dennoch im Laufe von Jahrhunderten deutlich werden.

Auch die Wurzeln der höheren Pflanzen sind geologisch tätig. Wenn man eine Pflanze auf einer polierten Marmorplatte wachsen läßt, so fühlt man schon nach wenigen Tagen mit der Fingerspitze, daß sich die Wurzelspitzen durch Ausscheidung von Säure vielverästelte, zarte Furchen in die Marmorplatte gegraben haben. Auf dem Kirchhof in Hannover sind mehrere große Grabplatten durch wachsende Baumwurzeln von der Gruft abgehoben worden, und an bewaldeten Felsen kann man oft beobachten, daß ihre Spalten durch Baumwurzeln erweitert wurden.

Bekanntlich stammt auch der Aschengehalt aller Pflanzen aus dem Boden; er wurde, in Wasser gelöst, durch die Wurzel aufgenommen. Wenn Gräser bis 10 Proz. Aschenbestandteile enthalten und auf einer Wiese von 1 ha eine Grasmenge von 2500 kg geerntet wurde, so sind dem Boden in einem Jahr 250 kg Aschenbestandteile entzogen worden.

Auch die Tierwelt ist bei den Verwitterungsvorgängen tätig. DARWIN hat gezeigt, daß jeder Regenwurm zur Ernährung große Mengen von Ackererde verschluckt und

nach einiger Zeit wieder von sich gibt. Indem D. die auf einer gemessenen Fläche durch Würmer gebildeten Exkremente sammelte und wog, konnte er zeigen, daß in 10 Jahren eine 2—4 cm dicke Schicht Ackererde durch den Darmkanal der Würmer wandert. Der Boden sinkt langsam ein, infolgedessen werden Schlacken und Steine von bestimmter Beschaffenheit, die man über ein Feld ausstreut, im Verlauf von Jahren immer mehr in den Boden eingegraben, indem die Würmer die Ackererde zwischen und über denselben aufhäufen. Eine nicht unbeträchtliche Tätigkeit entfalten in unseren Wäldern auch die Ameisen, welche große Mengen lockerer Erde von einem Ort zum anderen tragen und durch ihre unterirdischen Gänge den Boden lockern. In derselben Weise wirken Engerlinge, Maulwürfe und andere wühlende Tiere, welche den Boden durchgraben und die verwitternde Tätigkeit des Wassers unterstützen.

Alle diese Vorgänge erzeugen allerdings im Laufe von Tagen und Monaten nur ganz geringe, kaum erkennbare Wirkungen in der Natur, dagegen können wir uns leicht ein Bild von dem Gang der Verwitterung machen, wenn wir die Ziegeldächer unseres Wohnortes betrachten. Wir brauchen nur die je fünf Jahre älteren Dächer oder die Wetterseite der Gebäude mit anderen Mauerflächen zu vergleichen, um zu erkennen, wie sich unscheinbare Wirkungen summieren.

Indem die Verwitterung lange Jahrzehnte auf die Gesteine einwirkt, die Verwitterungserde durch Wurzeln und Würmer gelockert und mit organischen Abfallstoffen durchsetzt wird, entsteht das als Ackererde bekannte

krümelige Gebilde. Die Ackererde enthält viele chemische Bestandteile des einstigen Felsgesteins, und die Fruchtbarkeit eines Feldes wird bedingt durch die Eigenschaften der Gesteine, aus deren Zersetzung sein Boden entstanden ist. Je nachdem sandige Quarzkörner, Ton, Kalk, Kali oder Salz im Boden enthalten sind, benennt man verschiedene Bodenarten nach Zusammensetzung und Ertragsfähigkeit. Man unterscheidet besonders:

Steinboden, reich an Steinbruchstücken, Schieferstücken oder Geröllen
Kiesboden „ „ kleineren Steinchen
Sandboden „ „ Quarzsand
Kalkboden „ „ kohlensaurem Kalk
Tonboden „ „ kieselsaurer Tonerde
Lehmboden „ „ Ton und Sand
Mergelboden „ „ Ton und Kalk
Humusboden „ „ Pflanzenmoder
Eisenschüssiger Boden, reich an Eisenverbindungen
Salzboden, reich an Kochsalz
Gipsboden „ „ schwefelsaurem Kalk usw.

Aufgaben:

7. Verschließe eine mit gefärbtem Wasser (rote Tinte) gefüllte Kochflasche durch einen doppelt durchbohrten Stopfen; in das eine Loch füge ein Thermometer, in das andere eine beiderseits offene nicht zu enge Glasröhre und erhitze das Wasser durch eine Spiritusflamme. Bald beginnt das Quecksilber und das Wasser in der Röhre zu steigen. Bei Abkühlung sinkt das Wasser und das Quecksilber verschieden rasch. So kann man verdeutlichen, wie die Wärme auch die Gesteine ausdehnt und zusammenzieht (nach MÜLLER).

8. Bestimme die Erwärmung verschiedener Felsarten durch die Sonnenwärme. Wähle dazu eine nach Süden gelegene Felswand oder eine der Sonne ausgesetzte Stein(Schiefer)platte. Löse die Quecksilberröhre eines gewöhnlichen Zimmerthermometers aus ihrem Gehäuse und befestige sie auf einem Streifen weißen Kartonpapiers so, daß die Quecksilberkugel freiliegt. Streue ein Häufchen Messingfeilspäne (oder von einem ande-

ren Metall) auf den Felsen und bette die Thermometerkugel hinein. Stündlich wird der Stand des Quecksilberfadens durch einen Strich bezeichnet. Wenn die Beobachtungsreihe abgeschlossen ist, kann man durch die direkte Vergleichung des Papierstreifens mit der Thermometerskala den Gang der Felsentemperatur in Celsiusgrade übertragen.

9. Um die Beobachtungen verschiedener Tage oder an verschiedenen Steinarten vergleichen zu können, zeichne man (Fig. 3) von jeder Beobachtungsreihe eine Kurve, indem man auf einer wagerechten Linie in gleichen Abständen (von z. B. 1 cm) die Stunden bemerkt und durch daraufstehende senkrechte Linien die Höhe des Quecksilberfadens in jeder Stunde angibt. Eine Linie, welche die Thermometerstände auf den senkrechten Linien verbindet, läßt mit einem Blick die Wärmeschwankungen überschauen.

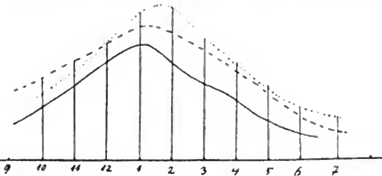


Fig. 3. Darstellung von drei verschiedenen Beobachtungsreihen der Temperaturschwankungen an besonnten Gesteinen von 9 Uhr morgens bis 7 Uhr abends.

10. Wenn der Ausdehnungskoeffizient für festes Gestein (Granit, Marmor, fester Kalk) im Mittel 0,0000085 beträgt, um wieviel dehnt sich eine Felsmasse oder ein massiver Bau bei einer Temperaturzunahme von -10^{0} im Winter bis auf $+30^{0}$ im Sommer aus? — $(40 \times 0{,}0000085 \times 100 =$ rund 3 cm.) (Nach P. KAHLE.)

11. Miß die Temperatur des bei einem Gewitter fallenden Regens. Dies geschieht am besten, indem du ein Thermometer fern von Gebäuden an einem schattigen Baumzweig frei aufhängst und nach etwa 5 Minuten beobachtest. Auch durch Schleudern eines an einem meterlangen Strick befestigten Thermometers gewinnt man gute Mittelzahlen.

12. Um die Wirkung der Temperaturspannung zu verdeutlichen, erhitzen wir gleich große Stücke verschiedener heimatlicher Gesteine gemeinsam auf einem Blechteller und werfen sie zusammen in eine mit kaltem Wasser gefüllte Schüssel. Manche Felsarten springen leichter als andere. Der Versuch muß mehrfach wiederholt werden, damit das Gesetzmäßige erkannt wird und nicht zufällig vorhandene Spalten ein falsches Resultat geben.

13. Achte auf die feinen (Haar-)Spalten, welche viele Gesteine, besonders an besonnten Bergwänden durchsetzen, verfolge ihren Verlauf durch Zerschlagen des Felsstückes.

14. Lege ein, von zahlreichen Spalten durchzogenes, aber noch festes Felsstück in Wasser und setze es eine Nacht dem Frost aus. Du wirst am Morgen die feinen mit Eis erfüllten Spalten erweitert finden und nach dem Tauen manche Brocken des Gesteines abbrechen sehen.

15. Beobachte an einem Taumorgen an Trottoirplatten und Pflastersteinen, wie sich verschiedene Steinarten verschieden stark mit Feuchtigkeit beschlagen (nach ZIMMERMANN).

16. Verfolge am Schutt verlassener Steinbrüche die Ansiedlung von Flechten und Moos auf dem verwitterten Gestein.

17. Schüttle einen Löffel feiner Gartenerde in ½ Liter Wasser, das 1 Stunde gekocht wurde, und setze ½ Liter ebenfalls frisch gekochter, gut filtrierter Fleischbrühe als Nährmittel für die Bodenbakterien hinzu. Die Flüssigkeit wird in zwei ausgekochte Glasflaschen gefüllt und diese mit Wattepropfen verschlossen. Das eine Glas koche man dann noch 1 Stunde lang, um die darin enthaltenen Bakterien abzutöten, dann werden beide Flaschen 1—2 Tage lang an einem dunklen, warmen Ort aufgestellt. Schon nach 24 Stunden wird man bemerken, daß sich die Bakterien in dem ungekochten Gefäß sehr vermehrt haben, das Wasser ist getrübt und riecht nach Verwesungsgasen (Schwefelwasserstoff u. ä.). In dem gekochten Glas werden erst nach mehreren Tagen die beim Kochen nicht getöteten Sporen zu vegetieren beginnen.

18. Reibe zwei befeuchtete Kalksteinplatten so lange aufeinander, bis ihre Oberfläche völlig glatt ist, und poliere sie durch Reiben mit feuchtem Putzpulver noch weiter. Lege eine solche Platte (oder ein geschliffenes Marmorstück) auf den Boden eines Blumentopfes und lasse eine Erbsen- oder Lupinenpflanze darüber wachsen. Auf der gereinigten Kalkplatte kann man schon nach Verlauf weniger Tage ein zartes Netzwerk von eingeätzten Wurzelrinnen mit der Fingerspitze fühlen.

19. Sammle die auf einer 4 qm großen Gartenbodenfläche ausgeworfenen Regenwurmexkremente in zehn aufeinanderfolgenden Tagen. Trockne sie auf dem Ofen und wiege sie. Man kann dann (250 frostfreie Tage gerechnet) ungefähr die Menge der Erde bestimmen, die während eines Jahres durch den Darmkanal der Regenwürmer wandert. Rechnet man die von den Würmern bewohnte Erdschicht zu 25 cm, so läßt sich erschließen, in welcher Zeit diese Schicht durch den Darm der Würmer hindurchgeht.

20. Ordne die massiven Gebäude oder Dächer deines Wohnortes, die von demselben Material gebaut sind, in eine

Reihe je 5 Jahre älterer Bauwerke und vergleiche, in welcher Weise durch Verwitterung die Farbe des Bausteins wechselt, Flechten und Moos darauf wachsen, schadhafte Stellen entstehen.

21. Vergleiche die dem Regenwind besonders ausgesetzte Wetterseite eines massiven Gebäudes mit den geschützteren Wänden.

22. Verbrenne 1 Kilo lufttrockenes Heu und wiege den Aschenrückstand; berechne, wieviel Aschenbestandteile im Laufe eines Jahres dem betreffenden Wiesengrundstück durch die Pflanzen entzogen wurden.

23. Nimm dieselbe Beobachtung mit Rüben, Kartoffeln oder anderen Feldfrüchten vor.

24. Bestimme die Aschenmenge der im Herbst von einem Baum herabfallenden Blätter und berechne die Aufnahme von erdigen Bestandteilen auf der Grundfläche des Baumes.

4. Die Folgen der Verwitterung.

Da jeder Teil der festen Erdoberfläche der Verwitterung unterworfen ist und selbst die härtesten Felsarten allmählich zertrümmert und zerbröckelt werden, bildet sich überall, auf den Spitzen der Gebirge, an den Abhängen der Berge, wie in der ebenen Talsohle eine mürbe Erde. Sie enthält kleinere und größere Bruchstücke des noch nicht ganz verwitterten Ursprungsgesteines, ist weich genug, um von Pflanzenwurzeln durchzogen zu werden, und ist je nach ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrem Feuchtigkeitsgehalt zur Ansiedelung von Moos, Haide, Rasen, Buschwerk, Laub- oder Nadelwald geeignet.

Die Dicke dieser Verwitterungsdecke hängt erstens von der Weichheit des Gesteins ab, das in derselben Zeit rascher oder langsamer verwittert; zweitens von der Dichte des darauf wachsenden Pflanzenteppichs, der mit seinen vielen Wurzeln die Erde festhält, endlich von der Böschung des Geländes und der Lage gegen die Himmelsrichtung.



Der Böschungswinkel der Schuttkegel ist ganz verschieden je nach der Beschaffenheit des Gesteins. Je eckiger und rauhbrüchiger dieses ist, desto steiler wird die Schutthalde; runde Rollstücke schütten sich im Durchschnitt um 3 ° flacher auf, auch die Feuchtigkeit verflacht den Böschungswinkel. Im Durchschnitt beträgt derselbe 32 °, doch kann er von 26—34 ° schwanken.

In bergigen Ländern kann man die Entstehung des Verwitterungsschuttes an den Abhängen leicht verfolgen, in der Talsohle und in den Niederungen ist dies weniger leicht möglich, weil hier oft große Anhäufungen von Erde fremden Ursprungs vorkommen. Wir haben später noch zu zeigen, daß die Flußniederungen weithin mit einer feinsandigen Erde bedeckt sind, welche durch den Fluß aus dem fernen Quellgebiet herausgetragen worden ist. In der norddeutschen Tiefebene aber ist während der Eiszeit eine bis zu 200 m mächtige Schicht von nordischem Sande, Schlamm und Steinen ausgebreitet worden.

In den Tropen, wo der dichte Urwald und die reichlichen Niederschläge die chemische Verwitterung besonders begünstigen, hat man beobachtet, daß die erweichte Verwitterungsdecke über dem gesunden Gestein bis über 50 m Dicke erreicht. In unserem Klima sind dagegen lockere Verwitterungsdecken von 2—5 m schon sehr beträchtlich.

Wenn der Ackerpflug an einzelne, im Boden liegende unverwitterte Felsblöcke stößt, dann hebt die Pflugschar den Stein um einen kleinen Betrag; beim nächsten Ackern wiederholt sich dasselbe, und so rückt der Stein langsam empor, bildet ein Hindernis für die Bearbeitung des

Bodens und muß endlich herausgegraben werden. Die Landleute bezeichnen diese Erscheinung als ein „Wachsen“ der Feldsteine (vergl. Fig. 9).

An steilen Böschungen wirkt die Schwerkraft auf den weichen Verwitterungsboden ein und bringt ihn in eine nach abwärts gleitende Bewegung. Dieses Absinken des Gehängeschuttes erfolgt in der Regel sehr langsam (säkular). Sobald aber Erdbeben oder starke Wolkenbrüche in wenigen Augenblicken eine größere Schuttmasse talabwärts tragen, sprechen wir von einem Bergrutsch, Bergschlipf oder Bergsturz.

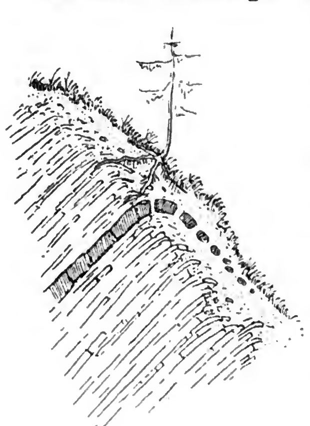


Fig. 4. Absinken des Gehängeschuttes (Hakenwerfen) an der Oberfläche von steil gestellten Schichten. Eine härtere Bank (schraffiert) wird im Ausgehenden in Stücke zerlegt, die eine abwärts gerichtete Schleppe bilden.

Wenn auf dem langsam zu Tale gleitenden Schutt Bäume stehen, dann wird ihr Stamm schräg gerichtet, und indem er, inneren Wachstumsgesetzen folgend, sich immer wieder senkrecht stellt, entstehen jene (Fig. 1 und 4) seltsam gekrümmten Stämme, die wir oft an bewaldeten Bergabhängen beobachten.

Bekanntlich spielt das Absinken des Gehängeschuttes

auch im bürgerlichen Leben eine Rolle, wenn Grenzsteine mit der Schuttdecke talabwärts wandern, oder, wie in manchen Alpentälern ganze Ackerländer im Laufe weniger Jahrzehnte ihre Lage verschieben.

Besonders deutlich können wir das Wandern des Gehängeschuttes daran erkennen, daß die Enden steil gestellter Schichten (Fig. 4) unter dem Schutt nach abwärts gebogen erscheinen (Hakenwerfen) und daß die verwitterten Lesesteine eines bestimmten Gesteins ausnahmslos am Bergabhang tiefer herabreichen, als die untere Grenze seiner unterirdischen Verbreitung beträgt. Wir werden bei der Besprechung der geologischen Karten auf diese Erscheinung nochmals zurückkommen (Fig. 5).

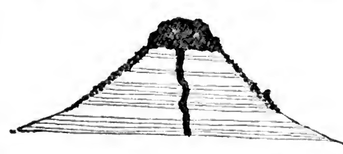


Fig. 5. Durchschnitt durch eine Basaltkuppe. In einem runden Stielkanal ist der (dunkle) Basalt durch geschichtete Gesteine emporgedrungen; das harte vulkanische Gestein schützte den Hügel anfangs vor der Abtragung. Indem es aber allmählich selbst verwitterte, rollten Basaltblöcke den Abhang herab und verhüllten die Unterkante des anstehenden Basaltes.

Die bergab wandernden Steine sind anfangs noch scharfkantig und mit frischen Bruchflächen versehen, dann werden ihre Kanten und Ecken abgenutzt, ihre Farbe ändert sich, und am Fuß des Bergabhangs sind sie durchschnittlich viel kleiner geworden.

Es mag bei dieser Gelegenheit darauf hingewiesen werden, daß durch den Verwitterungsvorgang auch die in kalkigen Gesteinen enthaltenen Versteinerungen langsam herausgeätzt werden. Man wird also in der Regel die

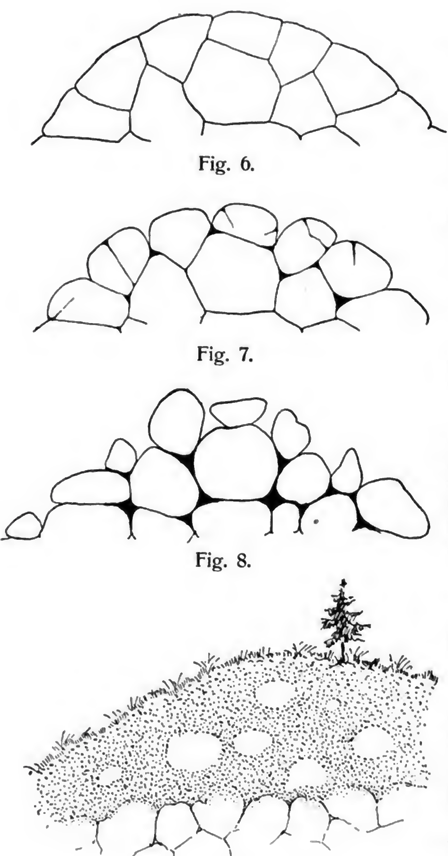


Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 6. Zerklüfteter Granithügel, auf den die Verwitterung einzuwirken beginnt.

Fig. 7. Die Klüfte des Granits sind durch Verwitterung erweitert, Kanten und Ecken gerundet, neue Spalten dringen in das Gestein und zwischen den gerundeten Blöcken entstehen (schwarz) Hohlräume.

Fig. 8. Durch fortdauernde Verwitterung ist die Granitkuppe in ein Haufwerk grober Rundblöcke zerlegt.

Fig. 9. Wenn eine dichte Vegetationsdecke den verwitterten Granitsand schützt, dann bleibt er an Ort und Stelle liegen und in den Aufschlüssen sehen wir dann die härteren Kerne wie fremde Rollblöcke inmitten des lockeren Sandes.

meisten Versteinerungen da finden, wo alter Gesteinsschutt unter der Humusdecke der Verwitterung lange ausgesetzt war.

Da die verwitternden Kräfte auf den Gesteinsspalten besonders leicht in die Tiefe dringen können, so werden zerklüftete Felsenmassen langsam in ein Trümmerfeld großer Rundblöcke zerlegt, die bei dem Laien den Eindruck erwecken, als wenn sie von Riesenhänden aufeinander gebaut worden wären. Aber schon GOETHE hat an der Luisenburg bei Wunsiedel gezeigt, daß solche Blockmeere und Felsenwildnisse (Fig. 6, 7, 8) die Überreste von Bergmassen darstellen, die einst noch höher waren, aber durch allmähliche Verwitterung zerteilt und in einzelne Felsengruppen zerlegt worden sind. Auf geneigten Abhängen rollen natürlich die Rundblöcke, wie uns die Basaltblockfelder der Fig. 5 lehren, beständig bergab, aber die Granitmauern und Blockanhäufungen auf den Gipfeln des Fichtelgebirges oder des Harzes und Schwarzwaldes haben seit undenklichen Zeiten ihren Platz an der Erdoberfläche kaum verändert.

Wenn wir das unverwitterte Felsgestein mit dem aus ihm entstandenen Verwitterungsschutt vergleichen, so finden wir, daß die in Wasser löslichen Bestandteile des ersteren teilweise oder vollständig daraus entfernt sind. Wenn an dem Schacht eines Salzbergwerks der aus dem Erdinnern geförderte salzhaltige Ton aufgeschüttet wurde, so wird nach wenig Regentagen nur der Ton übrig bleiben, sein ehemaliger Salzgehalt aber verschwunden sein. In genau der gleichen Weise geraten alle in Wasser löslichen Bestandteile der verwitternden Felsen in das Wasser der Bäche und Flüsse, welche die betreffende Gegend durch-

strömen, und werden mit ihnen dem Meere zugeführt. Wenn wir also die chemischen Bestandteile eines Flußwassers bestimmen, dann erkennen wir, welche Stoffe aus den verwitternden Gesteinen des Flußgebietes herausgewaschen und gelöst davongetragen werden. So verfrachten die fließenden Gewässer im Laufe der Jahrhunderte große Mengen einstigen Gesteins in Lösungen nach dem Ozean.

Allein es gibt auch Transportkräfte, welche die ungelösten Rückstände der Verwitterung, den Felsschutt und den Erdboden aufheben und weit verfrachten können. Die erste dieser Kräfte stellt der Wind dar. Seine Wirkungen (Deflation = Abblasung) sind um so stärker, je trockener und pflanzenärmer eine Gegend ist. Unter dem Schutze von Wald, Rasen oder Wasserflächen ist selbst lockerer Boden dem Winde gegenüber unangreifbar. Aber an kahlen Gebirgen, auf frisch gepflügtem Ackerland und an unseren Landstraßen können wir leicht die abtragende Wirkung des Windes im kleinen verfolgen, die in den Wüsten der Gegenwart eine so ungeheure Rolle spielt.

Im Winter sehen wir oft große Schneeflächen durch dunklen Staub gefärbt, den der Wind von benachbarten Feldern abgehoben hat.

Man brauchte unsere Landstraßen nicht so oft mit frischen Steinen zu beschottern, wenn nicht ein großer Teil des von den Wagenrädern zermalmten Steinpulvers vom Winde aufgehoben und davongetragen würde. Die Bedeutung des Windes für die Aufhäufung von Sanddünen am Meeresufer soll in einem späteren Abschnitt besprochen werden.

Die furchtbare Gewalt des Wüstenwindes (Samum), der große Massen von Sand und Staub, ja sogar kleinere Steinchen emporzuheben und davonzutragen vermag, übt bisweilen sogar einen Einfluß bis in unsere Gegend aus. Hat man doch in den letzten Jahren mehrfach beobachtet, daß ein großer Staubnebel über Südeuropa hinwegzog und sich bis in die Ostseegebiete verfolgen ließ. Tagelang war der Horizont dunstig, und der niederfallende Regen und Schnee hinterließ gelbrote Flecken (Blutregen).

Während der Wind nur ganz leichtes Material verfrachten kann, ist das fließende Wasser eine Transportkraft von ungleich höherer Leistungskraft (Erosion = Ausnagung). Jeder Regentag gibt uns Gelegenheit, die abtragende und verfrachtende Tätigkeit des Wassers zu studieren. Nachdem die ersten Regenschauer herniedergegangen und im trockenen Boden versickert sind, sammeln sich überall kleine Rinnsale, die alle Unebenheiten des Erdbodens benutzen, zu immer stärkeren Gerinnen zusammenfließen und in dem Maße immer geeigneter werden, um lockere Erde, Sand und Steine talabwärts zu tragen, zu schieben und zu rollen. Je leichter und feinkörniger das verwitterte Material ist, desto kleinere Wassermengen können es verfrachten, und desto weiter trägt es endlich der Strom.

Am Bergabhang lag, aus kleinen und großen Bruchstücken gemischt, der unsortierte Verwitterungsschutt. Ihn ergreift das Wasser und sondert ihn in seine verschieden großen Bestandteile. Große Steine bleiben liegen, kleinere Steinchen werden einige Meter weit getragen, Sand und

Schlamm entführt das Wasser nach den Niederungen des Flusses (Fig. 10). Auf diesem Wege werden die eckigen Felsstücke beständig gestoßen, gedreht und gewälzt und, indem große Mengen scharfkantiger Steine miteinander davongetragen werden, nutzen sich ihre Ecken und Kanten immer mehr ab — aus dem scharfkantigen Felsschutt sind runde Gerölle oder Geschiebe geworden. Man kann also die Tätigkeit des fließenden Wassers mit der Wirkung einer Kugelmühle vergleichen, in welcher eckige Steinwürfel zu runden Märbeln verwandelt werden, und aus der Rundung und Abnutzung des ursprünglich eckigen Verwitterungsschuttes können wir einen Schluß ziehen auf die Länge und Stärke des Wassertransportes.

Die Gerölle im Bach oder Flußbett werden ziemlich gleichmäßig abgenutzt, solange alle Geschiebe aus dem-

Fig. 10. Am Steilabhang eines Felsens bildet sich aus den herabstürzenden Verwitterungsbrocken ein Schuttkegel, dessen Teile durch Wasser transportiert, dabei gerundet und zerkleinert werden, so daß schließlich (rechts) ein steiniger Sand entsteht.

selben Gestein bestehen. Wenn aber Steine von verschiedener Härte verfrachtet werden, dann nutzen sich die weicheren rascher ab, und nach einem längeren Weg bleiben nur die harten Gerölle übrig. Fast an jedem Flusse können wir diesen Vorgang verfolgen, indem wir an verschiedenen Punkten des Flußlaufes die mittlere Größe

und die Zahl verschiedenartiger Geröllarten miteinander vergleichen.

Das „weiche" Regenwasser, das sich zu Bächen und Flüssen gesammelt hat, ist gleichzeitig imstande, Kalksteine anzunagen und selbst ganz aufzulösen, so daß auch diese, wo sie nur in verhältnismäßig geringer Zahl in den Fluß kommen, bald aus der Zahl der Gerölle verschwinden.

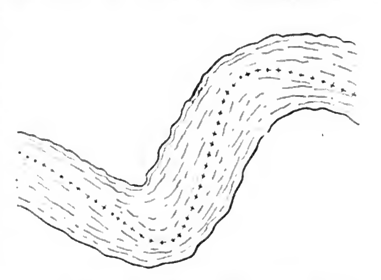


Fig. 11. Die Lage des Stromstriches (Kreuzchen) auf der Oberfläche eines gewundenen Flusses.

Da sich das Wasser an den Ufern und am Grunde des Flußbettes reibt, so verlangsamt sich hier seine Geschwindigkeit, und in einem geradlinigen Flußlauf strömt das Wasser in der Flußmitte am stärksten (Stromstrich). Windet sich aber das Flußbett hin und her, so wird die Linie der größten Geschwindigkeit (Fig. 11), wie man durch ausgeworfene Schwimmkörper nachweisen kann, in den Biegungen nach dem konkaven Ufer gedrängt. Die hier gemessene Maximalgeschwindigkeit ist etwa 18 bis 20 Proz. größer als die mittlere Geschwindigkeit des Wassers im ganzen Flußbett. Die größere Geschwindigkeit bedingt eine größere Stoßkraft des Wassers, und so werden auch die schweren Gerölle hauptsächlich in der tiefsten Rinne des Flußbettes da verfrachtet, wo die Strömung am stärksten ist (vergl. Fig. 12).

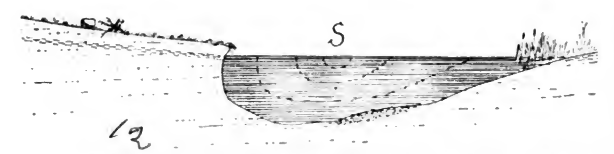


Fig. 28. Das Verhältnis des Wasserspiegels eines Flusses zu dem oft etwas ansteigenden Grundwasserspiegel (gestrichelt) in den Ablagerungen des Ufers. Links eine bei Hochwasser mit Wurzelwerk und vereinzelt daran hängenden Steinen überstreute flachgeneigte Fläche; darunter Steilufer, rechts Flachufer, in der Sohle des Flusses eine Kiesbank. Die gebogenen Linien im Wasser stellen die Zonen gleicher Stromgeschwindigkeit dar, die größte Geschwindigkeit liegt im Stromstrich (*S*).

Wo ein Fluß über felsige Klippen hinwegeilt, da werden durch die vielen Widerstände leicht kleine Wasserstrudel erzeugt, die den mitgeführten Sand in kurzen Windungen herumwirbeln und sich eine immer tiefere Höhlung graben. Werden bei Hochwasser Gerölle in solche Löcher gerollt, dann bohren sich diese Reibsteine weiter in die Tiefe, und es entstehen „Strudellöcher". Größere Strudellöcher am Grunde von Wasserfällen und den vom Rande einer Gletscherspalte herabstürzenden Schmelzwasserbächen werden als „Riesentöpfe" bezeichnet.

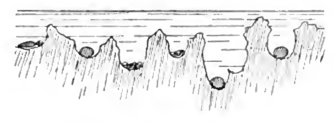


Fig. 13. Strudellöcher im felsigen Boden eines Flusses, ausgebohrt durch Sand und Reibsteine.

Tritt der Fluß über seine Ufer aus, so wird auf der überschwemmten Fläche nur feiner Sand und Schlamm abgelagert (Auelehm), sofern nicht durch schwimmende

Eisschollen oder Wurzelstöcke auch Steine dahin getragen werden.

Wenn in dem ursprünglichen Verwitterungsschutt eines Gebirges besonders schwere oder besonders harte Mineralien enthalten waren, wie kleine Goldkörner in den Quarziten des Urals oder vereinzelte Diamanten, Rubine und Saphire in manchen Felsarten Indiens, so bleiben diese kostbaren Bestandteile des verwitterten Gesteins immer wieder liegen, während das Weichere und Leichtere durch das Wasser davongetragen wird. Mochte auch ursprünglich in einem hausgroßen Felsblock nur ein einziges Goldkorn enthalten sein, so wurde doch durch das beständige Waschen und Schieben des Flußwassers allmählich so viel des umhüllenden Gesteins davongetragen, daß in dem zurückbleibenden Sand die Körner des Edelmetalls oder der Edelsteine verhältnismäßig angereichert wurden. Man nennt solche, durch lang andauernde Verwitterung und natürliches Waschen wertvoll gewordene Flußsande: S e i f e n.

In den Bächen und Flüssen sammelt sich aber nicht allein das oberflächlich abfließende Regenwasser, sondern auch das durch die Quellen zutage tretende Wasser der Felsspalten. Die hierhergehörigen Erscheinungen wollen wir später noch weiter ausführen, wenn wir erst die Geologie der Quellen betrachtet haben.

Es gibt noch eine dritte Transportkraft, welche Verwitterungsschutt weithin verfrachtet, doch hat man nur im Hochgebirge und in den Polargebieten Gelegenheit, ihre Wirkungen zu verfolgen. Es ist das f l i e ß e n d e E i s der G l e t s c h e r. Wenn wir im Frühjahr die letzten

Überreste größerer Schneewehen betrachten, so beobachten wir, daß hier während des Winters eine eigentümliche Veränderung mit dem Schnee vor sich gegangen ist. Aus den lockeren zarten Schneeflocken ist eine zuckerkörnige Substanz geworden, die frischgefallenem Schnee sehr unähnlich ist.

Aber die warme Frühlingssonne taut endlich auch diese Schneereste hinweg, und wir können ihre weiteren Schicksale nicht verfolgen.

Anders im Hochgebirge, wo oberhalb einer bestimmten Zone, die man die Schneegrenze nennt, nicht der ganze während des Winters gefallene Schnee im Sommer taut. In den Kesselmulden (Kar) der Hochgebirge häuft sich dieser körnige Firnschnee immer mehr auf, und so entstehen allmählich Schneefelder, welche mehrere hundert Meter dick sind. Das Gewicht dieser Massen reicht hin, um ihre tiefsten Schichten in blaues Eis zu verwandeln, und derselbe Druck bewirkt es, daß aus dem Firnfeld ein langsam fließender Eisstrom hervorquillt. Das Eis dieser sogenannten Gletscher ebenso wie der grönländischen Eisfelder (Binneneis) ist also nicht gefrorenes Regenwasser, sondern zusammengedrückter Schnee.

Eis hat die bemerkenswerte Eigenschaft, daß es bei starkem Druck weich und flüssig wird, bei Zug aber zerreißt. Unter dem Druck des lastenden Firnfeldes fließt also der Gletscher (1—2 m am Tag) talabwärts und würde bis in die tiefsten Täler hinabdringen, wenn er nicht hierbei in immer wärmere Gebiete käme und endlich schmelzen würde. Die Stelle, wo die sogenannte „Gletscherzunge“ endet, entspricht also der Grenze, wo ebenso viel Eis abschmilzt, als durch das Fließen des Gletschers

herbeiströmt. Da das Nachfließen des Gletschereises und das Abschmelzen der Gletscherzunge durch ganz verschiedenartige Ursachen bedingt werden, ist der Rand der meisten Gletscher beständigen Schwankungen unterworfen.

Aller Felsschutt, über den der Gletscher hinwegfließt, und alle Steine, welche die Verwitterung an den Wänden des Gletschertales abspaltet, gelangen natürlich in oder auf das Eis und werden mit ihm so weit getragen, als der Gletscher reicht.

Viele dieser Steine werden zugleich in dem Eis gerundet, geschliffen und mit haarscharfen Kritzen versehen, ebenso wie der felsige Untergrund, über den der Gletscher hinwegschreitet. Dieser sogenannte Gletscherschliff (d. h.

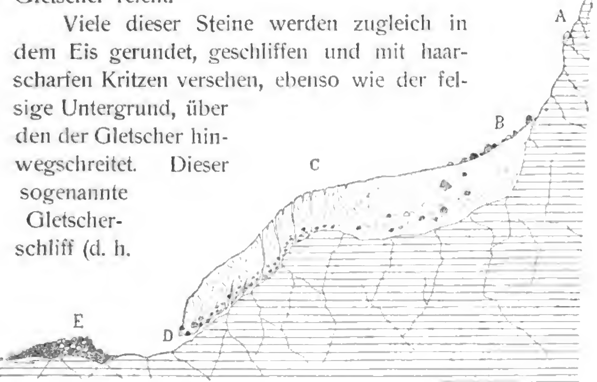


Fig. 14. Längsschnitt durch einen (verkürzten) Gletscher, der über felsigen (schraffierten) Talboden fließt und dessen zackige Oberfläche gerundet hat (Rundhöcker). Bei A brechen Felsstücke ab und stürzen auf das Firnfeld (B), wandern durch das Eis und gelangen in die Tiefe, wo sie sich mit den dort abgedrückten Gesteinen in der Grundmoräne mischen. Bei C entstehen durch eine Bodenschwelle Querspalten, die sich im weiteren Verlauf wieder schließen. Bei D ist das von der Gletscherzunge überragte Gletschertor, aus dem das Schmelzwasser hervortritt. Der Gletscherrand reichte früher bis E und hat hier eine Stirnmoräne zurückgelassen; seitdem ist er durch überwiegendes Abschmelzen zurückgegangen.



Schliff mit Kritzen), gibt uns ein Mittel an die Hand, um die frühere Ausdehnung jetzt verschwundener Gletschermassen mit aller Sicherheit zu bestimmen.

Als während der sogenannten Eiszeit der Rhonegletscher bis Solothurn, ein Isargletscher bis München reichte, und skandinavische Eisdecken bis an den Fuß

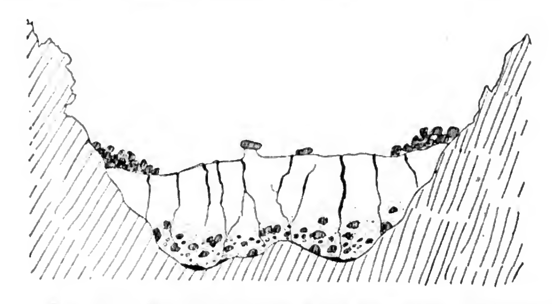


Fig. 15. Querschnitt durch einen Gletscher, der in einem felsigen Tal (schraffiert) fließt und dessen zackige Wände gerundet hat. Spalten durchsetzen das Eis; seine Seiten sind mit Moränenschuttwällen bedeckt; ein großer erratischer Block ist zum Gletschertisch geworden; große und kleine Blöcke, mit Sand vermischt, durchsetzen als Grundmoräne den Eisfuß, an dessen Boden sich das in die Spalten fließende Schmelzwasser sammelt.

des Thüringer Waldes nach S. drangen, wurde das ganze vom Eis überschrittene Gebiet mit ungeheuren Massen von eisgetragenem Schutt überdeckt. Schwedische Gesteine gelangten bis nach Sachsen und Graubündener Granite bis nach dem Bodensee. Die ganze norddeutsche Tiefebene wurde mit skandinavischem Verwitterungsboden überschüttet, und wenn große Mengen desselben auch später wieder durch fließendes Wasser weggeräumt wurden,

so blieben doch viele Findlinge oder erratische[1]) Blöcke als Zeugen einstigen Eistransportes über das Land zerstreut.

Indem die genannten Transportkräfte aus den Gebirgen große Mengen von verwittertem Schutt heraustragen, lassen sie kleine und große Hohlformen zurück, die wir als Täler bezeichnen, zwischen denen Hügel, Berge und Gebirgsketten stehen. Alle diese für das Landschaftsbild so wichtigen Gestalten der Erdrinde sind bedingt durch die Einwirkung von Verwitterung und Abtragung auf die verschiedenartig zusammengesetzten Gesteine der Erdrinde.

Aufgaben:

25. Beachte, indem du von Steinbrüchen aus seitwärts nach den angrenzenden Feldern gehst, welche Durchschnittsform die angewitterten Feldsteine annehmen und vergleiche ihre Gestalt (plattig, schieferig, scherbig, bröckelig, grusig, scharfeckig, gerundet, kugelig etc.) mit den Lesesteinen aus anderen Gesteinsarten (nach E. ZIMMERMANN).

26. Befestige im Herbst an einem, mit vereinzeltem Buschwerk bestandenen, steinigen Bergabhang einen 10 m langen Draht etwa 10 cm über dem Boden in horizontaler Richtung an dem Geäste und zeichne die unter dieser Merklinie gelegenen Steine durch Farbenflecke (Tinte, Ölfarbe). Im nächsten Frühjahre nach der Schneeschmelze bestimme den Abstand, in welchem die gezeichneten Steine vom Draht entfernt sind.

27. Bestimme die Grenze, bis zu welcher Stücke eines charakteristischen, an einem Bergabhang anstehenden Gesteins abwärts gerollt sind. Bei wechselnder Böschung liegt diese Grenze verschieden tief.

Größere Anhäufungen solcher Gesteinsstücke sprechen, wenn das Gelände stark uneben ist, für einen früher erfolgten Bergsturz.

28. Vergleiche die durchschnittliche Größe der Gesteinsstücke auf dem Transportweg nach der Niederung.

---

1) errare = irren, Irrblöcke.

29. An Abhängen mit mangelhaften Aufschlüssen verfolge man die Verbreitung der Rollstücke eines bestimmten Gesteins bergaufwärts; wo sie verschwinden, läßt sich die obere Grenze des Anstehenden nachweisen (nach K. KOLESCH).

30. Bestimme die Menge des vom Winde abgetragenen und auf Schneeflächen gewehten Staubes, indem du ein Liter Schnee schmilzst und die Menge des beim Stehen des Schmelzwassers zu Boden sinkenden Staubes wiegst. Das staubüberwehte Schneefeld ist nach Quadratmetern, die Dicke des gefärbten Schnees an mehreren Stellen nach Centimetern zu messen und jene Zahl mit dem dabei gewonnenen Mittelwert zu multiplizieren.

31. Wenn die Atmosphäre bei trockenem Südwind dunstig und gelblich gefärbt ist, setze eine große, mit Glyzerin bestrichene Porzellanschüssel mehrere Stunden dem staubführenden Winde aus. Du kannst dann durch Abwaschen der Schüssel mit destilliertem und filtriertem Wasser den angeklebten Staub sammeln und nach dem Verdampfen des Wassers sein Gewicht bestimmen (nach G. V. D. BORNE).

32. Sammle Gerölle im Ober-, Mittel- und Unterlauf eines Flusses; suche die Fundorte auf, wo die betreffenden Steinarten anstehen. Vergleiche ihr Zahlenverhältnis, ihre Abnutzung, ihre Größe in verschiedenen Abschnitten des Flußlaufes.

33. Bestimme die Lage des Stromstriches auf einem gewundenen Fluß, indem du Häcksel oder Blätter auf seine Fläche streust und die Wege dieser Schwimmkörper stromabwärts verfolgst.

34. Bestimme die Menge des bei einem starken Gewitter fallenden Regens, indem du fern von Gebäuden und Bäumen ein weites Gefäß (Fig. 16) mit senkrechten Wänden aufstellst und die Höhe der gefallenen Wasserschicht mißt. Berechne sodann auf der Landkarte die Fläche eines beregneten kleineren Tales = F, multipliziere diese mit der Regenhöhe h, so erhältst du die Regenmenge R für das beregnete Tal (nach P. KAHLE).

35. Bestimme nun, welche Wassermenge = W, wenn sich die Bäche zu trüben beginnen, daraus abfließt. Zu diesem Zweck muß man den Querschnitt des Baches = B, und die mittlere Geschwindigkeit des Wassers = G messen. B bestimmt man mit dem Zollstock, den man an einer über das Wasser gespannten Schnur, welche in Abständen von je 10 cm geknotet ist, senkrecht bis zum Grund führt; das Mittel aus den Tiefenzahlen multipliziere mit der Breite des Baches. G bestimmt man, indem man eine 10 m lange Strecke des Bachufers durch Stäbe markiert und mit der Sekundenuhr mißt, wie lange (= T) schwimmende Korke oder Holzstückchen zum Durchfließen der Strecke brauchen, 4/5 der so gewonnenen stärksten



Geschwindigkeit entspricht der mittleren Geschwindigkeit im Querschnitt des Wasserlaufes = G.

$\frac{\text{B mal G}}{\text{T}}$ entspricht der während einer Sekunde vorbeifließenden Wassermenge = W. Daraus läßt sich ohne weiteres die Wassermenge einer Minute, Stunde und des ganzen Zeitraumes schätzen, während dessen trübe Regenmassen das Bachbett erfüllten (nach P. KAHLE).

36. Verdampfe 1 Liter des trüben Wassers und wiege die Menge des zurückbleibenden trockenen Schlammes = S. Berechne damit die Menge des Sediments im Flußlauf.

37. Hat man vor dem Regen die Wassermenge des Baches bestimmt = w, so kann man nach der Formel R = W—w berechnen, welche Wassermenge im Boden des Flußgebietes versiegt (nach P. KAHLE).

38. Handelt es sich um einen größeren Fluß, so bestimmt man seine Tiefe durch Loten. Man knüpfe in eine Schnur in Abständen von je 1/2 oder 1 m kurze Schnurstücke, die mit soviel Knoten versehen werden, als die Zahl der 1/2 oder 1 m beträgt. Oder man nähe aus 1 m langen weißen und schwarzen Bandstreifen eine Lotleine zusammen, die am Ende ein Leinwandsäckchen trägt, das, mit Sand oder Steinen gefüllt, das Eisenlot wohl ersetzen kann.

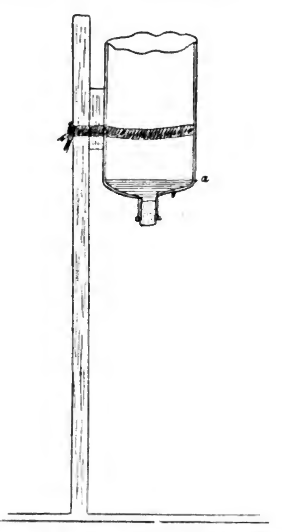


Fig. 16. Ein einfacher Regenmesser, hergestellt aus einem in der Erde befestigten Stab und einer daran gebundenen zerbrochenen Flasche. Der trichterförmige Teil der Flasche muß vor dem Regen bis zu einer Marke (*a*) mit Wasser gefüllt werden. Derselbe Apparat dient auch zur Bestimmung der Verdunstungsgröße.

An einem über den Fluß gespannten Strick, der in regelmäßigen Abständen ebenfalls geknotet ist, (oder auf einer Brücke) versenke man die durch ein Gewicht beschwerte Lotleine bis zum

Wassergrund und notiere die Zahlen. Bei einem nicht zu unebenen Flußbett kann man den Querschnitt als Rechteck behandeln, sonst als Trapez oder Vieleck. Wiederhole die Messung an mehreren Stellen.

39. Vergleiche die Verwitterungsstärke und die Vegetation an den beiden Seiten von Hohlwegen oder Tälern, beachte dabei die Lage gegen die Himmelsrichtung (ob vorwiegend von Morgen-, Mittags- oder Abendsonne beschienen) und bestimme etwaige Gesetzmäßigkeiten (nach E. ZIMMERMANN).

40. Miß den Durchmesser der Schneekörner in alten Schneewehen und vergleiche sie mit den frisch fallenden Schneeflocken.

41. Lege die Enden eines etwa 50 cm langen, durch Schnitzen gleichmäßig dick gemachten Eiszapfens oder einer größeren, rechteckig zugeschnittenen Eisplatte im Freien auf zwei Steine und beobachte, wie sich das Eis nach einem Tage zu biegen beginnt.

42. Hänge an ein kürzeres Stück Eis ein Gewicht durch eine Drahtschlinge auf. Dieselbe wird, ohne daß das Eis bricht, durch ihren eigenen Druck hindurchwandern.

43. Befestige einen ähnlichen Eiszapfen wagerecht an einem Ende und hänge an das freie Ende eine kleine Wagschale. Durch darauf gelegte Gewichte läßt sich bestimmen, welche Kraft nötig ist, um das Eis zum Brechen zu bringen.

5. Die Felsarten.

Nachdem wir verfolgt haben, wie der Verwitterungsschutt aus anstehendem Gestein gebildet wird, wenden wir unser Augenmerk diesem selbst zu. Wir sehen in einem Aufschluß oftmals mehrere Felsarten neben- oder übereinander und werden sie an ihrer etwas verschiedenen Farbe und Härte leicht unterscheiden. Aber bei der Bestimmung und Namengebung eines Gesteins spielen Färbung und Härte keine wesentliche Rolle, vielmehr müssen wir in erster Linie sein inneres Gefüge untersuchen.

Wir schlagen mit dem Hammer eine frische Bruchfläche, betrachten sie mit bloßem Auge oder mit der Lupe und suchen uns darüber klar zu werden, ob das

Gestein aus gleichartigen oder verschiedenen Teilchen besteht.

Viele, selbst bei Betrachtung mit der Lupe noch gleichartig erscheinende Felsarten zeigen bei mikroskopischer Untersuchung, daß sie aus mehreren Mineralarten zusammengesetzt sind. Man schlägt zu diesem Zweck eine flache Scheibe des Gesteins ab und schleift die Fläche auf einem Schleifstein oder einer Eisenplatte mit Hilfe von Schmirgelpulver ganz glatt. Dann wird der Schliff durch Erwärmen des Balsams losgelöst und mit der angeschliffenen Fläche (unter Vermeidung von Luftblasen) wieder auf eine Glasplatte geklebt; man kann jetzt die noch rauhe Fläche so lange abschleifen, bis ein „Dünnschliff" von 0,1—0,02 mm Dicke entstanden ist. Auf die gereinigte Fläche wird ein ganz dünnes Scheibchen Glas (Deckglas) gekittet, und der Dünnschliff ist fertig für die Untersuchung unter dem Mikroskop = (u. d. M.).

Je nach der Korngröße unterscheiden wir die Gesteine als:

großstückige . . . . Teile über 10 cm,
kleinstückige . . . . Teile über 1 cm,
großkörnige . . . . Teilchen über 5 mm,
grobkörnige . . . . Teilchen über 2 mm,
mittelkörnige . . . . Teilchen von 1—2 mm,
feinkörnige . . . . . Teilchen von 0,2—1 mm,
dichte . . . . Teilchen mit bloßem Auge nicht erkennbar,
porphyrische . . . . Ausscheidung größerer Kristalle aus einer feinerkörnigen Grundmasse,

glasige . . . Teilchen aus gleichartigem oder blasenreichem Glas bestehend (in dem meist mikroskopisch kleine Kristalle eingestreut sind),

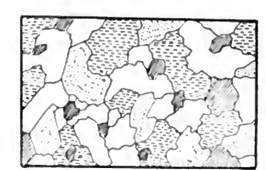


Fig. 17. Struktur eines körnig - vollkristallinischen Gesteins, aufgebaut aus 4 verschiedenen Mineralien, die sich mit gewachsenen Flächen berühren.

Wir prüfen sodann, ob die Teilchen gleichartig oder verschiedenartig sind, und unterscheiden danach: einfache und gemengte Gesteine.

Endlich untersuchen wir die Umrisse der einzelnen Teilchen. Dieselben sind entweder gewachsene Kristalle und Kristallgruppen (Fig. 17), die sich mit ihren Wachstumsflächen umklammern, verzahnen und gegenseitig umgreifen; bisweilen finden sich zwischen den gewachsenen Kristallen noch Reste von vulkanischem Glas (s. u.); solche Gesteine nennen wir k r i s t a l l i n i s c h. Das Gestein besteht in anderen Fällen aus Bruchstücken

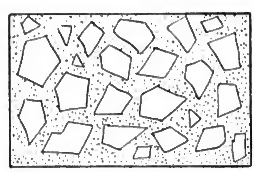


Fig. 18.

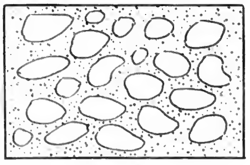


Fig. 19.

Fig. 18. Struktur einer Breccie, die aus verkitteten eckigen Bruchstücken besteht, oder (mikroskopisches Bild) eines Sandsteins, der aus eckigen Sandkörnchen aufgebaut ist.

Fig. 19. Struktur eines Konglomerates, aufgebaut aus gerundeten Rollstücken, oder (mikroskopisches Bild) Aufbau eines Sandsteins aus runden Sandkörnern mit viel Bindemittel.

(Fig. 18 u. 19) von Gesteinen, Mineralien oder organischen Resten, die durch ein Bindemittel miteinander verkittet sind; wir nennen solche: Trümmergesteine oder klastische Felsarten.

Eine dritte Gruppe von sehr verschiedenartig aussehenden, aber meist miteinander vorkommenden Gesteinen zeigt eine merkwürdige Verbindung von Schichtung und Nichtschichtung, Trümmerstruktur und kristallinischem Gefüge. Ihre Bestandteile sind meist in kurzwelligen (flaserigen) Zügen angeordnet. Man nennt sie kristallinische Schiefer (früher auch „Urgebirgs“felsarten). Die vergleichende Untersuchung ihrer Struktur und Verbreitung hat zu der Ansicht geführt, daß sie aus anderen Felsarten durch hohen Druck und hohe Temperatur umgewandelt, metamorphosiert [1]) worden sind.

Von dem Gefüge des Gesteins wenden wir unser Augenmerk zu seinen einzelnen Gemengteilen. Die genaue, sogenannte petrographische Bestimmung eines Gesteins ist nur mit Hilfe des Mikroskopes möglich, das uns viele Merkmale enthüllt, die man selbst mit der Lupe nicht erkennen kann, und eine solche Untersuchung setzt gründliche chemisch-mineralogische Kenntnisse voraus. Es kann daher nicht unsere Aufgabe sein, den Anfänger in den Stand zu setzen, jedes ihm vorgelegte Gestein selbständig zu bestimmen. Vielmehr sollen die folgenden Angaben nur dazu dienen, daß der Freund der Geologie die augenfälligsten Merkmale eines Gesteins aufsucht und erkennt. Nur die in Deutschland häufigen Gesteine wurden hier berücksichtigt.

---

1) Meta morphe = andere Gestalt.

Wir benutzen neben einer Lupe: ein Fläschchen (mit Glasstopfen, am besten ein sogenanntes Tropfglas) mit verdünnter Salzsäure (1/4 Salzsäure, 3/4 destilliertes Wasser), den Fingernagel, ein Messer oder eine Feile, ein Stück Feuerstein, ein Stück Glas, einen Kompaß oder einen Magneten.

Von den gegen 1000 Mineralien, welche die wissenschaftliche Mineralogie nach Kristallform, optischem Verhalten und chemischer Zusammensetzung unterscheidet, kommen etwa 40 Arten als charakteristische Gemengteile der Gesteine vor, und unter diesen sind [1]) ungefähr 27 mit dem bloßen Auge leicht zu erkennen:

Wir geben hier einige bezeichnende Eigenschaften und die wichtigsten chemischen Bestandteile der gesteinsbildenden Mineralien und fügen in Klammern ihre chemische Formel und ihr Kristallsystem bei.

1. Eis, wasserhell, nur bei niederer Temperatur beständig. (H^2O; hexagonal rhomboëdrisch).
2. Steinsalz, durchsichtig, rötlich, weiß, blau; salzig schmeckend; leicht in kleine Würfel spaltbar, mit dem Fingernagel schwer ritzbar. Bestandteile: Chlor und Natrium. (NaCl; regulär.)
3. Abraumsalze, durchsichtig, gelb, rot, grau; meist an feuchter Luft zerfließend. Bestandteile: Chlor mit Kalium, Magnesium, Schwefelsäure u. a.
   (Carnallit $KMgCl^3 + 6\,aq$; rhombisch.)
   (Kainit $MgSO^4 + KCl + 6\,aq$; monoklin.)
   (Kieserit $MgSO^4 + aq$; monoklin.)
   (Polyhalit $2CaSO^4 + K^2SO^4 + MgSO^4 + 2\,aq$; rhombisch.)
   (Sylvin KCl regulär.)
4. Gips, durchsichtig (Marienglas) weiß, grau, rot, gelb, braun; mit dem Fingernagel leicht ritzbar, zwischen

1) Eine Sammlung der hier aufgezählten gesteinsbildenden Mineralien und Mineralmassen in gefächertem Pappkasten liefert das Mineralienhaus Droop in Dresden-Plauen zum Preise von 6,50 M.

den Zähnen ohne knirschendes Geräusch zu zermalmen; die Bruchstücke bilden (unter der Lupe) spitz-stumpfwinklige (rhombische) Tafeln. Bestand: wasserhaltiger schwefelsaurer Kalk.
($CaSO^4 + 2$ aq; monoklin.)

5. Anhydrit, weiß, bläulich; oft in Gips übergehend; vom Messer schwer, vom Feuerstein leicht ritzbar; das Zertrümmerungspulver zeigt unter der Lupe stets kleine Würfelchen. Bestand: schwefelsaurer Kalk (ohne Wasser). ($CaSO^4$; rhombisch.)
6. Schwerspat, weiß, rötlich; vom Messer ritzbar; schwer; das Zertrümmerungspulver (bez. Spaltungskörper) zeigt teils rechte, teils spitze und stumpfe Winkel. Bestand: schwefelsaurer Baryt.
($BaSO^4$; rhombisch.)
7. Kalkspat, durchsichtig (Doppelspat) oder weiß, gelb, grau, rot; mit verdünnter kalter Salzsäure sofort lebhaft brausend; mit dem Messer leicht ritzbar, Spaltungstrümmer stets spitz-stumpfwinklige Rhomboëder. Bestand: kohlensaurer Kalk. ($CaCO^3$; rhomboëdrisch.)
8. Bitterspat (Dolomit), grau, gelb; nur mit erwärmter Salzsäure brausend; oft mit Kalk vorkommend; schwerer mit dem Messer ritzbar als No. 7. Bestandteile: kohlensaurer Kalk und kohlensaure Magnesia. ($CaCO^3 + MgCO^3$; rhomboëdrisch.)
9. Quarz, durchsichtig (Bergkristall) oder weiß, grau, gelb, braun, rot; muschelig; fettig glänzend; vom Feuerstein nicht ritzbar und ihn auch nicht ritzend; am Stahl funkend. Bestand: Kieselsäure.
(SiO^2; hexagonal.)
10. Kalifeldspat (Orthoklas, Sanidin), durchsichtig, weiß oder hell, selten dunkel: rötlich, braungelb; Spaltflächen glas- oder perlmutter-glänzend; vom Messer nicht ritzbar, aber Fensterglas ritzend, am Stahl funkend; Spaltungsstücke zeigen rechte, spitze und stumpfe Winkel. Bestandteile: kieselsaure Kali-Tonerde. (K^2O, Al^2O^3, $6\ SiO^2$; monoklin.)



11. Kalk-Natronfeldspat, weiß, gelblich, grau; Spalt flächen oft gestreift, Härte von Kalifeldspat. Bestandteile: kieselsaure Tonerde mit Kalk und Natron.
    (Der natronhaltige trikline Albit mischt sich mit dem kalkhaltigen triklinen Anorthit zu den Kalknatronfeldspäten: Oligoklas, Andesin oder Labradorit.)
12. Augit, schwarz, glasglänzend, Pulver bräunlichgrau; das Glas wenig oder nicht ritzend; schwer spaltbar mit beinahe rechten Winkeln. Bestandteile: kieselsaure Magnesia mit Eisen, Kalkerde, selten auch Kali, Natron; leicht verwitternd.
    ([Ca, Mg, Fe] SiO^3 mit oder ohne Tonerde und Eisenoxyd; monoklin.)
13. Eine Art des Augits ist der Diallag, grün, grüngrau, tombakbraun, auf den Spaltflächen metallisch-perlmutterglänzend. (Gut spaltbar, nach einer Richtung.)
14. Hornblende, vom Augit durch die leichte Spaltbarkeit nach einer rhombischen Säule von etwa 120° und 60° zu unterscheiden, Pulver grünlich oder braun. Härte und Bestandteile: wie Augit, mit oder ohne Tonerde. (Monoklin.)
15. Glimmer, in dünne elastische Blättchen zerlegbar, mit dem Fingernagel ritzbar, silberweiß, gelb (Muscovit) oder braun, grün, schwarz (Biotit). Bestandteile: kieselsaure Tonerde mit Kali (Muscovit) oder mit Magnesia (Biotit).
    (Die monoklinen Glimmerarten sind chemisch sehr verschiedenartig zusammengesetzt; man unterscheidet Magnesiagl., Lithiongl., Kaligl., Natrongl.)
16. Olivin, olivengrün, ölglänzend; am Stahl funkend, das Fensterglas ritzend; rostgelb verwitternd, Bruch muschelig. Bestandteile: kieselsaure Magnesia mit Eisen. ($Mg^2SiO^4 + Fe^2SiO^4$; rhombisch.)
17. Granat, blut- bis braunrot, schmutziggelb- bis graugrün; den Feuerstein ritzend, von ihm nicht ritzbar. Bestandteile: kieselsaure Tonerde mit Kalkerde, Eisen, Magnesia u. a.

(Chemischer Bestand sehr verschiedenartig: Mischungen von Tongr., Kalkgr., Eisengr., Chromgr. u. a.; regulär.)

18. Turmalin (Schörl), meist schwarz, von kielförmigem Umriß, Härte wie Granat. Bestandteile: kieselsaure Tonerde mit Borsäure, Fluor, Magnesia u. a. (Chem. Bestand sehr verschiedenartig; rhomboëdrisch.)

19. Zirkon, rot- bis nelkenbraun, Härte wie Granat. Bestandteile: Kieselsaure Zirkonerde. ($ZrO^2 + SiO^2$; tetragonal.)

20. Serpentin, schlangenhautfarbig; gelbgrün bis schwarzgrün, vom Messer ritzbar. Bestandteile: kieselsaure Magnesia mit Wasser. ($Mg^3Si^2O^7+2aq$; dicht, manchmal faserig oder blätterig.)

21. Talk, weißlich bis gelb oder grün; fettig anzufühlen (Speckstein); vom Fingernagel ritzbar. Bestandteile: wie Serpentin. ($H^2Mg^3Si^4O^{12}$.)

22. Chlorit, schuppig; lauchgrün, graugrün; fettig glänzend; vom Fingernagel ritzbar. Bestandteile: kieselsaure Tonerde, Eisen und Magnesia mit Wasser.

23. Eisenkies (Schwefelkies), metallischgelb; am Stahl funkend; oft in Würfeln kristallisiert. Bestand: Schwefeleisen. (FeS^2; regulär.)

24. Magneteisen: schwarz, Pulver schwarz; in kleinen Oktaëdern; magnetisch (die Kompaßnadel anziehend). Bestandteile: Eisen und Sauerstoff. (Fe^3O^4; regulär.)

25. Roteisen, schwarz oder blutrot, Pulver rot. Bestandteile: wie Magneteisen. (Fe^2O^3; Eisenglanz: rhomboëdrisch.)

26. Brauneisen, rostfarben oder braun, Pulver gelb. Bestandteile: Eisen, Sauerstoff, Wasser. ($H^6[Fe^2]^2O^9$.)

27. Eisenspat, graugelb, in Säure unter Aufbrausen mit grünlicher Farbe löslich. Bestand: kohlensaures Eisen. ($FeCO^3$; rhomboëdrisch.)

Als seltenere, oft nur mikroskopisch nachweisbare Mineralien treten in den Gesteinen noch folgende auf: Epidot (Pistazit), Cyanit, Enstatit, Flußspat, Hypersthen, Leucit, Melilith, Nephelin, Hauyn, Titanit, Topas, Apatit, Glaukonit u. a.

Zu diesen in wohl ausgebildeten Kristallen, Kristallgruppen oder kristallinischen Massen in den Gesteinen auftretenden eigentlichen Mineralien kommen noch folgende erdige oder glasige gesteinsbildende Massen:

28. Kohle, brennbar. Bestandteile: Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und unverbrennliche Aschenteile; eisenschwarz: Anthrazit; pechschwarz: Steinkohle; braun: Braunkohle; erdig: Torf.
29. Ton, weiß (Kaolin), grau, gelb, rot, braun, im trockenen Zustand hart, im feuchten knetbar, im Feuer backend. Bestandteile: kieselsaure Tonerde mit Wasser.
30. Vulkanisches Glas, schwarz, grün, rot, glasglänzend, oft mit feinen Kriställchen durchsetzt, am Stahl funkend, Fensterglas meist ritzend, dicht (Pechstein, Obsidian), schaumig (Bimsstein) oder in feine Fetzen zerrissen in vulkanischer Asche. Bestandteile: wechselnde Gemische von Kieselsäure mit Tonerde, Eisen und anderen Elementen; meist eisenreiche und dabei kieselsäurearme (—50 Proz.) Gläser nennt man basisch; meist eisenarme und dabei kieselsäurereiche (—80 Proz.) Gläser nennt man sauer.

Aus den genannten Elementen setzen sich die wichtigen Gesteinsarten in folgender Weise zusammen:

I. Trümmergesteine.

1. Breccie, scharfkantige Gesteinstrümmer (Fig. 18), einfach oder gemengt, locker oder fest verkittet. Meist fossilleer, gelegentlich aber reich an Knochen.

2. Konglomerat, abgerundete Gerölle (Fig. 19), einfach oder gemengt, locker oder fest verkittet. Meist fossilleer oder mit abgerollten Knochen und Pflanzenteilen. Hierher gehören Nagelfluh, Puddingstein.

3. Sandstein, fein- oder grobkörniger Quarzsand (Fig. 18, 19) [mit Feldspat gemengt und grobkörnig = Arkose], meist gut geschichtet, oft mit Schrägschichtung. Buntgefärbte Sandsteine meist fossilleer; gleichmäßig graue



oder grüne Sandsteine oft reich an Versteinerungen. Das weiche oder feste Bindemittel ist Kalk, Ton, Kieselsäure u. a.

Harte Konglomerate und Sandsteine der älteren Perioden nennt man, besonders wenn sie schiefer- und feldspathaltig sind, Grauwacke, wohlverkittete Sandsteine Quarzit.

4. Ton (Verwitterungsprodukt von Feldspat oder feldspatreichen Gesteinen), dichtes, feucht knetbares, trocken an der Zunge klebendes, geschichtetes oder ungeschichtetes Gestein, selten einfach (Kaolin, Porzellanerde), meist verunreinigt (Letten) oder gemischt mit Quarzstaub (Lehm), Quarz- und Kalkstaub und dann ungeschichtet (Löß), Kalkschlamm (Mergel), Kohle (Lettenkohle), Salz (Salzton), Schwefelkies (Alaunton); verfestigt (Schieferton), oft reich an Versteinerungen.

Die Tongesteine älterer Perioden sind meist durch chemisch-physikalische Vorgänge (Metamorphose) gehärtet, geschiefert und reich an neugebildeten Kristallnädelchen; sie heißen Tonschiefer (hierher auch der Phyllit).

5. Geschiebelehm, regelloses Gemisch von eckigen, entkanteten, gerundeten und teilweise polierten, oft auch gekritzten Felsstücken, groben und kleinen Steinchen mit reichlichem sandig-tonigem Bindemittel. Bezeichnende Ablagerung ehemaliger Gletscher und Binneneismassen.

6. Kohle[1]), dichtes Gemenge von einstigen Pflanzenteilen, arm oder reich an Sand oder Ton (= Asche), Schwefelkies u. a. Geschichtet, wechsellagernd mit Letten, Schieferton oder Sandsteinen, die reich an Pflanzenabdrücken sind und auch Reste von Wirbeltieren, Muscheln oder Insekten enthalten.

7. Kalk[1]); die reinen Kalke sind dichte Trümmergesteine, entstanden aus den Bruchstücken von allerlei Schaltierpanzern und -skeletten, oder von pflanzlichen Ausscheidungen im Meer-, Brack- oder Süßwasser, oft nachträglich fest verkittet; kristallinisch, weiß, gelb, grau, blau,

1) Kohle und Kalk werden in den meisten Lehrbüchern noch von den Trümmergesteinen getrennt, als „organogene" Felsarten unterschieden.



braun rot; geadert, buntfarbig als Marmor; geschichtet (Kalkschiefer) oder ungeschichtet (Riffkalk), meist sehr reich an Versteinerungen. Durch Metamorphose können sie völlig kristallinisch (Statuen-Marmor) werden. Erdige, unreine Kalke sind bisweilen chemische Niederschläge.

Kalk mit Ton gemengt = Mergel; Kalkknollen in einer tonigen Grundmasse = Knotenkalk; erdig-weiß = Kreide.

8. Dolomit, eng verbunden mit Kalkstein, meist aus ihm entstanden durch absolute oder relative Anreicherung mit kohlensaurer Magnesia. Weiß, grau, braun. Sandig (Dolomitasche), dicht oder zellig, rauh (Rauchwacke), von Lücken und Höhlen durchzogen, meist ungeschichtet und fossilleer.

II. Kristallinische Gesteine.

A. Einfach-kristallinische Gesteine,

entstanden durch Ausscheidung aus wässeriger Lösung, treten in Schichten, Linsen oder Gängen auf, meist ohne Versteinerungen.

9. Steinsalz, oberirdisch nicht beständig; unterirdische Massen geschichtet oder ungeschichtet, rein oder mit Gips, Anhydrit und Ton gemischt, von einem wasserundurchlässigen Tonmantel umgeben (bei dessen Verletzung das Salzlager aufgelöst wird, Salzquellen und und Erdfälle entstehen). Besonders verbreitet im oberen Zechstein (reich an Kalisalzen), oberen Buntsandstein (oft mit Kalisalzen) und mittleren Muschelkalk (ohne Kalisalze). Selten mit Pflanzenresten; tierische Überreste nur vereinzelt gefunden.

10. Anhydrit, meist Begleiter des Steinsalzes, geschichtet oder ungeschichtet, bei Wasserzutritt unter Aufblähen in Gips verwandelt.

11. Gips, weiß, grau, rot; ungeschichtet oder geschichtet, oft auch gangförmig (Fasergips), dicht, feinkristallinisch (Alabaster), porphyrisch (Jenenser Marmor). In

der Regel fossilleer. Oft gemengt mit Ton (Gipsmergel).

12. Schwerspat, dicht, spätig, Spaltenausfüllungen bildend, oftmals verknüpft mit Metallverbindungen, daher ein wichtiger Hinweis auf Erzbergbau.

13. Quarzfels, Spalten erfüllend; bisweilen goldführend.

14. Feuerstein und Hornstein sind chemische Ausscheidungen von Kieselsäure (Knollen, Knotenzüge oder Gänge), besonders in der oberen Kreide. Hornstein im oberen Muschelkalk.

15. Kalksinter (Tophstein, Duckstein, Süßwasserkalk, fälschlich auch „Kalktuff" genannt), erdige oder klingend harte, meist unregelmäßig geschichtete Quellabsätze oder Niederschläge in verdunstenden Seen, oft sehr reich an Blattabdrücken, Landschnecken, Knochen und den Spuren der Tätigkeit der Urmenschen (Kohlen, Scherben, Feuersteinwaffen).

16. Zu den einfachen kristallinischen Gesteinen müssen wir endlich auch das Eis rechnen, das als Gletschereis die Täler der Hochgebirge ausfüllt, als Binneneis (Inlandeis) die Polarländer überzieht, als Scholleneis (Meereis) an den polaren Küsten tätig ist und als Eisberg weit ins Meer hinausgetrieben wird.

B. Gemengte kristallinische Gesteine.

a) *Plutonische Gesteine* (Tiefengesteine).

Stets aus feurigem Glasfluß unterirdisch (plutonisch) entstanden, in welchem sich beim sehr langsamen Erkalten immer größer werdende Kristalle bildeten; dabei wurde die Glasmasse in der Regel ganz entglast. In Stöcken und Gängen auftretend, stets ohne Versteinerungen.

17. Granit, weißgrau, grau, rötlich; grob-, mittel- oder feinkörniges Gefüge von Kalifeldspat, Kalknatron-



feldspat, Quarz, dunklem und hellem Glimmer, bisweilen porphyrisch durch große Feldspäte. In vielgestaltigen Massen weit verbreitet. Verwittert zu sandigem Grus, der oft das Anstehende verhüllt; nach dessen Wegwaschung bleibt ein Felsenmeer großer Rundblöcke übrig. Sehr grobkörnige Ganggranite nennt man Pegmatit, feinkörnige glimmerarme Ganggranite: Aplit.

18. Syenit, braunrotes mittelkörniges Gefüge von Kalifeldspat und Hornblende mit dunklem Glimmer, bisweilen auch Augit; quarzfreie Abart des Granits, in Stöcken (Meißen) und Gängen auftretend.

19. Diorit, körniges Gefüge von kalkarmem Feldspat mit Hornblende; dazu Augit, Glimmer, Quarz. Selten in Stöcken; häufig in Gängen inmitten oder nahe bei Granitstöcken als dunkler Lamprophyr (oder Kersantit), ein feinkörniges Gefüge von Feldspat, Augit, Hornblende mit lebhaft glänzenden, dunklen porphyrischen Glimmerkristallen und zuweilen Quarz.

20. Gabbro, grobkörniges Gefüge von kalkreichem Feldspat und Diallag, auch mit Olivin. Oft eng verknüpft mit Granit (Harz, Schlesien).

b) *Vulkanische Gesteine* (Ergußgesteine).

Ebenso wie die plutonischen, entstanden auch die vulkanischen Gesteine aus einem Glasfluß von wechselnder Zusammensetzung. Doch erkalteten sie rasch an oder nahe der Erdoberfläche und enthalten daher fast stets Reste der ursprünglichen Glasmasse. Blasenreiche vulkanische Gesteine nennt man schlackig, und wenn ihre Blasenräume durch mineralische Neubildung wieder ausgefüllt wurden: Mandelsteine.

21. Vorwiegend aus Glas bestehen die Obsidiane und Pechsteine, sowie die schaumig gewordenen Bimssteine und die in viele Fetzen zerrissenen vulkanischen Aschen, die, in mächtigen Schichten abgelagert, als Tuff bezeichnet werden.

Glasarm oder entglast sind dagegen:

22. Porphyr, dichtes (Felsit) oder feinkristallinisches eisenarmes Gestein mit etwa 70 Proz. Kieselsäure, splitterig, glasig, erdig, weiß, gelb, braun, grün, meist braunrot; in der Grundmasse sind größere Kristalle von Quarz (Quarzporphyr), Kali-Feldspat (F.-Porphyr) oder Glimmer (Gl.-Porphyr) ausgeschieden. In Gängen und Decken, mit Porphyrtuffen wechsellagernd, häufig in der Zeit des Rotliegenden gebildet.

23. Porphyrit, dichtes, eisenreicheres Gestein, von etwa 60 Proz. Kieselsäuregehalt, meist braun, violett oder dunkelgrau mit größeren porphyrischen Kristallen von Kalknatron-Feldspat, Augit, Glimmer, selten Enstatit. In Gängen und Decken häufig während der Rotliegenden-Zeit entstanden, mit Porphyrittuffen wechsellagernd.

24. Diabas, fein- bis mittelkörniges Gestein aus Kalknatronfeldspat und Augit nebst Magnetit, Titaneisen, Apatit, seltener auch Hornblende und Olivin, mit etwa 50 Proz. Kieselsäure. Meist grünverwittert (Grünstein). Häufig in Gängen und Decken während der Devonzeit gebildet, seltener in der Rotliegenden-Zeit. Kugelig (Kugeldiabas), schlackig (Diabasmandelstein); oft verknüpft mit mächtigen Diabastuffen (Grünstein, Schalstein).

25. Melaphyr (Devon, Perm), älteres, Basalt (Tertiär), jüngeres Gestein, schwarz, feinkörnig dicht oder blasenreich, 40—58 Proz. Kieselsäure. Oft in Säulen zerlegt, meist braungelb verwitternd; bestehend aus Kalknatronfeldspat [Nephelin oder Leucit [1])] mit Augit, Magnetit, Olivin u. a. Oft verbunden mit mächtigen Tuffen.

26. Phonolith (Klingstein), dunkelgraues, oft plattig zerspringendes, hellklingendes Gestein, dicht bis feinkörnig, 55—62 Proz. Kieselsäure; bestehend aus Sanidin, Nephelin, Augit, Leucit mit Hauyn und Magnetit, durch Übergänge und räumlich mit Basalt verbunden; Phonolithtuffe sind selten.

---

1) Die in Klammern stehenden Mineralien sind nur in einem Teil der betreffenden Gesteine vorhanden.

27. Trachyt, meist hellgrau gefärbt, rauh anzufühlen, 58—65 Proz. Kieselsäure, zusammen mit Basalt im Siebengebirge (Drachenfels) und Westerwald. Aus Feldspat (Sanidin), Glimmer, Hornblende zusammengesetzt.

III. Kristallinische Schiefergesteine (sog. Urgesteine), geschiefert oder kurzschichtig (flaserig), oft in Linsen oder Stöcken, versteinerungsleer.

a) *einfache* (meist als Einlagerung zwischen b):

28. Augitschiefer, feinkörnige, grüne, schieferige Augitschichten.

29. Hornblendeschiefer, feinkörnige, dunkelgrüne oder schwarze schieferige Hornblendeschichten mit Quarz.

30. Granatfels, braunrote Linsen von eng verwachsenen Granatkristallen.

31. Serpentin, dicht- bis feinkörnig, im Bruch mattschimmernd, grün, geadert, buntgefleckt.

32. Talkschiefer, weiche grünliche Schichten von Talkschüppchen mit Quarz.

33. Chloritschiefer, schuppige lauchgrüne Chloritgesteine, oft reich an anderen Mineralien.

34. Magneteisen, mächtige Linsen von schwarzem Magnetit.

35. Urkalk, Linsen und Bänke von kristallinischem Kalk (Marmor), oft reich an Einschlüssen von anderen Mineralien.

b) *gemengte:*

36. Gneis, schieferiges, streifiges oder flaseriges, fein- oder grobkristallinisches Gefüge von Feldspat, Quarz, Glimmer, sowie Hornblende, Epidot, Augit, Diallag, Cordierit, Granat; bildet meist in Verbindung mit Granit die tiefstbekannten Gesteine der Erdrinde.

37. Glimmerschiefer, dünnschieferiges, glimmerglänzendes Gestein, bestehend aus abwechselnden Lagen

von Quarz mit Glimmerblättchen, sowie Turmalin, Feldspat, Hornblende, Granat.

38. Granulit, dicht- bis feinkörniges, ebenschichtiges Gemenge von Quarz, Granat, daneben auch Glimmer, Feldspat, Turmalin, Cordierit u. a.

39. Phyllit, s. o. Nr. 4.

40. Eklogit, mittel- bis grobkörniges, überaus hartes Gemenge von grünem Augit mit rotem Granat, sowie Hornblende, Glimmer, Magnetit, Zirkon u. a.

Gesteine von verschiedener Zusammensetzung, die aber gleichzeitig entstanden sind, nennt man verschiedene Fazies (oder Ausbildungsweisen), ihre Unterschiede faziell. Selten sind die Faziesübergänge in demselben

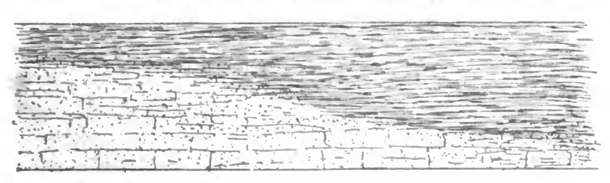


Fig. 20. Ein Fazieswechsel zwischen einer (links) punktiert gezeichneten Sandsteinablagerung und einer (rechts) gestrichelten Tonablagerung, die durch allmähliche Übergänge miteinander verbunden und also gleichzeitig entstanden sind.

Aufschluß zu beobachten; dann verfolgt man z. B. eine Sandsteinablagerung, die seitlich (Fig. 20) in ein Tongestein übergeht. In der Mehrzahl der Fälle aber sind die verschiedenen Fazies der gleichen Bildungszeit nur durch sorgfältige Vergleichung verschiedener Aufschlüsse genau nachzuweisen.

Aufgaben:

44. Ordne dir in Tabellenform die Eigenschaften der Mineralien: Steinsalz, Gips, Kalkspat, Quarz, Feldspat, Augit.

Hornblende, Glimmer, Magneteisen, Brauneisen, Kohle, Ton und Glas; ferner der wichtigsten Gesteine: Sandstein. Ton, Kalk, Kohle, Granit, Porphyr, Basalt, Marmor, Gneis, Glimmerschiefer, Tonschiefer, vulkanische Asche.

45. Suche die in der Heimat vorkommenden gesteinsbildenden Mineralien in möglichst großen Probestücken zu sammeln.

46. Lege dir eine Sammlung aller heimatlichen Gesteine an. Die Handstücke müssen rings von frischen Bruchflächen umgeben sein und sollen alle möglichst das gleiche Format (z. B. 10 cm lang, 7 cm breit, 2 cm hoch) besitzen. Jedes Stück muß mit einer Etikette, auf der der genaue Fundort bemerkt ist, für sich besonders, in einem flachen Pappkästchen liegen. Die Pappkästchen kann man dann leicht in jeder Schublade anordnen und umordnen.

6. Die Gesteinsklüfte.

Nachdem wir die Zusammensetzung und Struktur der Gesteine kennen gelernt haben, wenden wir uns zur Betrachtung der in jedem Aufschluß erkennbaren Spalten, Klüfte oder Absonderungsflächen, die entweder Steinarten von verschiedener Beschaffenheit trennen oder das einheitlich zusammengesetzte Gestein durchziehen.

Wir müssen uns zuerst darüber klar werden, daß alle diese nur selten klaffenden, meist haarfeinen Spalten den Querschnitt flächenhaft ausgedehnter Hohlräume darstellen, welche horizontal, geneigt oder senkrecht, auf kurze oder längere Erstreckung durch die Erdrinde ziehen. Ihr Studium ist für jeden geologischen Beobachter von der größten Bedeutung; denn sie lassen uns erkennen, welche körperliche Gestalt die einzelnen, auf- und nebeneinander lagernden Felsmassen besitzen, und geben uns damit wichtige Tatsachen über deren Entstehungsweise an die Hand.

Wir betrachten zuerst die Absonderungsflächen oder Klüfte, welche Gesteine von verschiedener Beschaffenheit trennen.

In einem kleinen Aufschluß können wir oft nicht die ganze Ausdehnung einer Gesteinsmasse überschauen. Sie zieht noch unter dem schutt- und pflanzenbedeckten Boden im Gelände weiter fort, und wir sehen dann nur solche Klüfte, die innerhalb des gleichartigen Gesteins verlaufen.

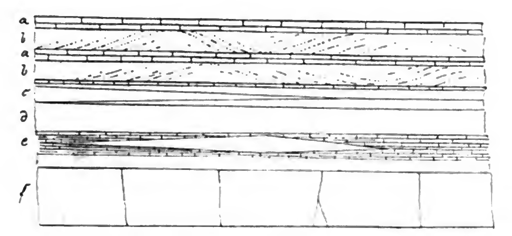


Fig. 21. Verschiedene Arten der Schichtung: *a* dünngeschichtetes, außerdem durch senkrecht kurze Klüfte zerteiltes Gestein, wechsellagernd mit (*b*) einem diagonal (schräg) geschichteten Sandstein in mächtigeren Bänken, *c* Auskeilen, *e* Linse, *f* dickere Bank von Klüften durchzogen.

Oftmals aber können wir in dem Aufschluß verschiedenartige Gesteine neben- oder übereinander beobachten und ihre Grenzflächen verfolgen (Fig. 21). Der einfachste Fall ist die Gliederung einer Felsmasse in aufeinander folgende Platten, die wir, wenn sie dünn sind, Schichten oder Schiefer[1]), wenn sie dicker und nach oben und unten scharf begrenzt sind, Bänke, wenn sie bergmännisch wertvoll sind, Flöze nennen. Ein solches Gestein heißt: geschichtet. Es

1) Das Wort Schiefer wird jetzt nur selten zur Bezeichnung dünnschichtiger Gesteine gebraucht, in der Regel bedeutet es die Zerlegung einer Gesteinsmasse in dünne Platten durch den Gebirgsdruck. S. Abschnitt 13.



enthält sehr häufig Versteinerungen und entstand in der Regel durch langsamen Absatz unter Wasser. Den rechtwinkeligen Abstand der oberen Grenzfläche (Oberkante) einer Schicht von der unteren (Unterkante) nennen wir ihre (wahre) Mächtigkeit; sie beträgt bisweilen nur 1 mm, erreicht aber oft viele Meter.

Die über einer bestimmten Schicht abgelagerten Gesteinsmassen nennen wir: das Hangende, die nach der Tiefe zu folgenden: das Liegende. Oft überlagern sich Schichten von zwei verschiedenen Gesteinen in der Weise, daß auf das eine immer wieder das zweite folgt; wir sprechen dann von Wechsellagerung.

Vielfach werden gleichartige Gesteinsschichten durch eine dünne Haut (Belag oder Besteg) eines anderen Gesteins getrennt. Manchmal ändert sich die Mächtigkeit einer Schicht in ihrem weiteren Verlauf. Wir sprechen von Anschwellen, wenn die Mächtigkeit zunimmt, und von Auskeilen, wenn sie sich immer mehr verdünnt. Eine Gesteinsmasse, die sich rasch nach allen Seiten auskeilt, nennen wir eine Linse, selbst wenn ihre horizontale Ausdehnung viele Meter beträgt.

Indem wir in einem Aufschluß mehrere sich überlagernde Gesteine mit Rücksicht auf ihre Entstehungszeit betrachten, ergibt sich, daß eine hangende Schicht immer jünger als eine liegende ist. (Ausnahmen bei überkippter Lagerung s. Abschnitt 13). Wenn auf eine liegende Kalkschicht eine hangende Tonablagerung folgt, so läßt sich sagen, daß der kalkbildende Vorgang abgeschlossen sein mußte, bevor die Bildung der Tonschicht begann.

Bisweilen beobachten wir, daß im seitlichen Verlauf einer bestimmten Schicht ganz allmählich ihr Gesteins-

charakter wechselt. Wir sehen vielleicht in einem langen Aufschluß, wie eine Kalksteinbank seitlich durch Abnahme des Kalkgehaltes und Ersatz desselben durch Ton sich schrittweise in eine Mergelablagerung verwandelt. Wir würden also in dem angeführten Fall sagen, daß die Kalkfazies in eine Mergelfazies übergeht oder, erdgeschichtlich ausgedrückt, daß, während hier Kalk gebildet wurde, in nächster Nähe davon Mergel entstand (Fig. 20 u. 21 *e*).

Die Oberfläche der Schichten oder Bänke ist durch besondere, interessante Eigentümlichkeiten ausgezeichnet.

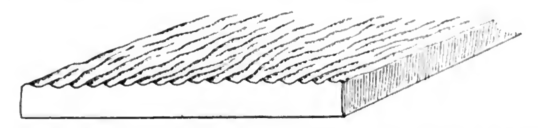


Fig. 22. Sandsteinplatte, deren Oberfläche mit vergabelten Wellenfurchen (Rippelmarken) bedeckt ist.

Erstens sind hier Versteinerungen oft besonders gehäuft. Auf Sandsteinen beobachten wir rundliche Vertiefungen, die von einstigen Regentropfen herrühren, oder parallele, sich bisweilen vergabelnde Rippen (Rippelmarken, Wellenfurchen, Fig. 22), die auf der Oberfläche des einst weichen Sandes durch Wind- oder Wasserströmungen entstanden sind.

Andere Flächen sind mit erhabenen, netzförmig verbundenen, 1—10 mm breiten Leisten bedeckt (Netzleisten) (Fig. 23), die ein System von vieleckigen Flächen begrenzen. Da sie die Ausfüllungen von Rissen in eintrocknenden Pfützen (Trockenrisse) sind, findet man sie nur auf der natürlichen Unterseite der Schichten. Auch

die Fußeindrücke von allerlei Tieren sind im Abdruck (Oberseite) oder Abguß (Unterseite) auf Schichtenflächen erhalten.

Schon die alten sächsischen Bergleute unterschieden von der Schicht grundsätzlich eine andere Lagerungsweise: den Gang. Ein Gang ist eine mit Gesteinsmasse erfüllte Spalte, welche nach der Ablagerung eines Schichtensystems darin entstanden ist. Gangklüfte sind also immer jünger, als alle von ihnen durchsetzten Gesteine.

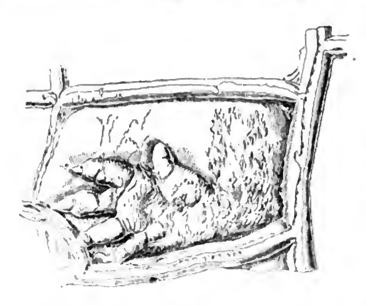


Fig. 23. Abguß des Fußabdruckes eines großen Salamanders (Chirotherium) und Ausfüllung ehemaliger Trockenrisse (Netzleisten), auf der Unterseite einer Sandsteinplatte.

Im Gestein können Spalten auf ganz verschiedenartige Weise entstehen:

1. durch Austrocknung einer feuchten Masse. Wenn eine tonige, schlammige Ablagerung eintrocknet, dann bilden sich auf ihrer Oberfläche Netze von Rissen, welche meist sechsseitige Felder umgrenzen; wenn diese in beträchtliche Tiefe hinabreichen, entstehen endlich sechsseitige Säulen von Lehm oder Ton.

2. durch Abkühlung einer vorher heißen Felsmasse. Wenn ein Lavagang erstarrt oder ein Lavastrom zu fließen aufhört und die vielleicht 1000° heiße Masse erkaltet, dann zerreißt sie, ganz ähnlich wie eintrocknender

Lehm, in sechs- oder fünfseitige Stücke, die als gerade oder gebogene Basalt- oder Porphyrsäulen bekannt sind.

3. Durch rasche Abkühlung erhitzter Felsen können ebenfalls Spalten entstehen, wie wir bei der physikalischen Verwitterung schon betrachtet haben.

4. Eine der häufigsten Ursachen für die Entstehung von Spalten sind aber die Erdbeben, welche nicht nur steinerne Häuser zerklüften, sondern ebenso das Felsgerüst der Erde. Die große Mehrzahl der die Schichtgesteine durchsetzenden Spalten entstand in Perioden, wo durch die Kräfte der Unterwelt Gebirge emporgehoben, Ebenen hinabgesenkt, horizontale Schichten in Falten gebogen, und ganze Landstrecken gegeneinander verschoben wurden.

Gemeinsam ist allen diesen Klüften, daß sie unabhängig von der Schichtung entstanden und nach allen möglichen Richtungen die feste Erdrinde durchsetzen. Bald sind solche Klüfte so klein und so zahlreich, daß man nur bei mikroskopischer Untersuchung eines Gesteins die Millionen kleiner Spältchen erkennen kann, die jedes Bruchstück durchsetzen, bald können wir eine große Spalte viele Meilen weit fast geradlinig verfolgen.

Oft sind zahllose Spalten parallel, und aus der Richtung der einen erkennen wir den Lauf der benachbarten. In anderen Fällen aber wechseln sie rasch ihre Richtung oder durchschneiden sich gegenseitig. Wenn sich eine größere Kluft in eine Anzahl kleinerer zerlegt, dann sagen wir, daß sie sich zertrümert, und nennen die einzelnen Äste: Trum (pl. Trümer).

Mannigfaltig wie die Längserstreckung der Spalten ist ihr Verlauf nach der Tiefe zu. Die einen setzen, wie der Bergmann sagt, hinab bis „in die ewige Teufe",





andere keilen aus (verdrücken sich), um sich vielleicht nach einiger Zeit wieder aufzutun (vergl. Fig. 33). Senkrechte Gänge nennt man: saiger, wagerechte schwebend.

Die große Mehrzahl dieser Spalten klafft nur wenig oder garnicht, sie bilden nur haarscharfe Trennungsebenen, welche erst durch die Verwitterung zu offenen Klüften erweitert werden.

Wenn auch alle diese Spalten im Querbruch den Eindruck eines sich vergabelnden „Adernetzes“ hervorrufen können, so müssen wir doch immer im Auge behalten, daß ihre flächenhaft ausgedehnten Hohlräume nicht, wie es bisweilen geschieht, mit den Adern im menschlichen Körper verglichen werden können.

Die Oberfläche dieser Klüfte zeigt oft eine bis zur Spiegelung gehende Glättung (Spiegel, Harnisch) oder parallele Streifen (Rutschfläche), welche darauf hindeuten, daß sich die beiden Kluftwände gegeneinander verschoben haben. Ist dies der Fall, dann nennen wir eine solche Spalte: Verwerfung. Wir können dann an der Verschiebung der von der Verwerfung durchsetzten Gesteinsmasse ihre „Sprunghöhe“ messen.

Die Richtung der Linien auf den Rutschflächen läßt uns erkennen, nach welcher Richtung die beiden verworfenen Erdschollen bewegt wurden.

Für die Verwerfungen, deren Wesen im Abschnitt 13 noch näher geschildert wird, gilt dasselbe, was wir von den Spalten überhaupt gesagt haben. Manche sind vereinzelt, andere scharen sich in parallelen Zügen, andere durchschneiden oder zertrümern sich. Es gibt Verwerfungen, deren Sprunghöhe kaum 1 cm beträgt, und

andere, die bei einer Sprunghöhe von 1000 m oder mehr zwei große Erdschollen um diesen Betrag verschoben haben.

Mit Rücksicht auf den Verlauf solcher Spalten oder Spaltensysteme in der Erdrinde können wir (Fig. 24) vier verschiedene Fälle unterscheiden:

1. die Spalte beginnt an der Erdoberfläche und endet in beliebiger Tiefe;
2. eine Spalte keilt nach allen Seiten innerhalb der festen Erdrinde aus;
3. Spalten dringen in die Erdrinde von unten her, um innerhalb derselben zu enden;
4. Spalten oder unregelmäßig gestaltete Hohlräume durchsetzen die ganze Erdrinde.

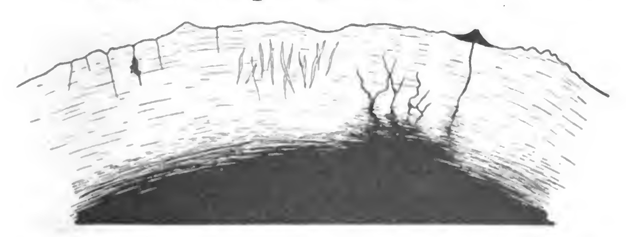


Fig. 24. Schematische Darstellung der verschiedenen Spaltentypen in der Erdrinde und Ausfüllung einiger derselben durch das glühende Magma (schwarz). Links verschiedene oberflächliche, nach unten blind endende Spalten, von denen eine zu einer Höhle erweitert ist; in der Mitte rings geschlossene, sich vergabelnde oder kreuzende Spalten, die zur Bildung von Erz- und Mineralgängen Anlaß geben, rechts plutonische Spaltenräume, die, nach dem Magmaherd erweitert, nach oben blind enden und zum Aufdringen plutonischer Massen und Gänge Anlaß geben, endlich eine vulkanische Spalte, welche die Erdrinde bis hinab zu einem Magmaherd durchsetzt und den Ausfluß vulkanischer Massen ermöglicht.

Auf diesen letzteren dringen glühende Lavamassen und Dämpfe empor und geben Anlaß zu den vulkanischen Erscheinungen. Die Schicksale dieser verschiedenen Spaltenarten haben wir in den folgenden Abschnitten zu besprechen.

Aufgaben:

47. Eine der Erdoberfläche parallele Schicht oder ein horizontaler (sog. Lager-)Gang läßt sich jederzeit auch unterirdisch wiederfinden, wenn wir ihren senkrechten Abstand von der

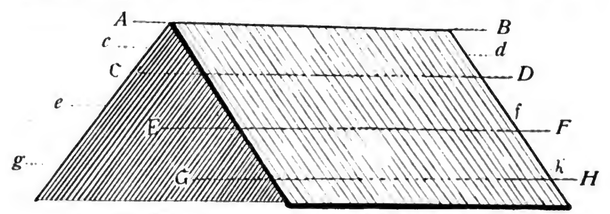


Fig. 25. Wenn man einen Buchdeckel dachförmig aufstellt, so entspricht die Firstlinie *A—B*, sowie die mit ihr Parallelen *C—D*, *c—d*, *E—F*, *e—f*, *G—H*, *g—h* dem Streichen beider Flächen. Sie unterscheiden sich aber durch verschiedenes Fallen, dessen Richtung senkrecht zum Streichen durch die Schraffur der Flächen bezeichnet ist.

Erdoberfläche kennen. Man nennt eine derartige, horizontal ausgebreitete Mineral- oder Gesteinsmasse schwebend. Aber die meisten Spalten und Gänge, ebenso wie viele durch den Gebirgsbildungsprozeß verschobene Schichten lagern nicht oder nicht mehr horizontal. Um ihre Orientierung innerhalb der Erdrinde zu bestimmen, muß man drei ihrer Eigenschaften mit Kompaß, Lot und Winkelmaß feststellen. Zuerst das Streichen, d. h. die Himmelsrichtung, in welcher eine auf der Gesteinsmasse horizontal gedachte Linie verläuft (Fig. 25). Sodann das Fallen, d. h. eine senkrecht auf das Streichen in der Fläche der Gesteinsmasse gedachte Linie. Endlich den Fallwinkel, d. h. die Abweichung des beobachteten Fallens von der wagerechten Richtung. Sind diese Werte festgelegt, dann ist damit die Lage des Ganges, der Spalte oder der geneigten

Schicht endgültig bestimmt. Man braucht dazu einen bergmännischen Kompaß, den man sich aus jedem Kompaß dadurch herstellen kann, daß man ihn in ein viereckiges Brettchen (Fig. 26) einläßt, dessen Seiten mit der N—S- und O—W-Linie parallel sind. Sodann vertausche man O und W und teile den Gradbogen in 2mal 12 Teile (= Stunden) nach beistehender Figur.

(Die bergmännische Stundeneinteilung stammt aus der Zeit vor Erfindung des Kompasses: Man bezeichnete mit Stunde 1, 2, 3 . . ., 12 die Richtung, in der man um 1, 2, 3 . . . 12 Uhr die Sonne sah, bez. in der um die angegebene Zeit der Schatten

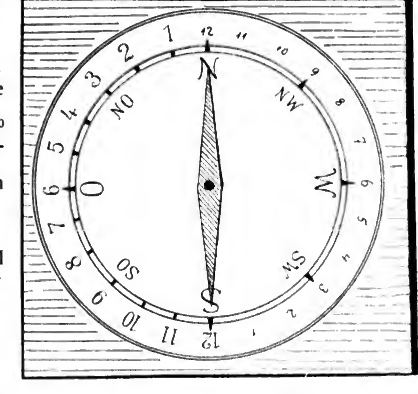


Fig. 26. Der bergmännische Kompaß, mit vertauschter W—O-Bezeichnung u. Angabe der Stundenzahlen (die je 15° des Kreises entsprechen). Er ist umgeben von einem viereckigen Brettchen, dessen Kanten, parallel der N—S-Richtung, zur Bestimmung des Schichtenstreichens dienen.

fiel. Stunde 12 ist also die Mittagsrichtung S—N, Stunde 6 die Richtung des Schattens früh oder abends 6 Uhr, Stunde 9 die Sonnen(Schatten)richtung, wenn die Sonne vormittags im SO (abends im NW) steht u. s. w.)

48. Man übe sich zuerst im Gebrauch des bergmännischen Kompasses, indem man ein Buch dachförmig vor sich auf den Tisch stellt und dann das Streichen der Deckelkanten, sowie das Fallen an dem Fallwinkel des Deckels bestimmt. Dann erst versuche man solche Messungen an geneigten Spalten oder Schichtentafeln im Freien.

49. Bestimme nun das Streichen einer Gesteinsspalte im Freien, indem du die Himmelsrichtung beobachtest, nach welcher eine in die Spalte gedachte horizontale Linie weist.

Stecke einen Stab in horizontaler Richtung in die Spalte oder lege ihn wagrecht auf die freigelegte Spaltenfläche. Halte die Seitenlinie des Kompaßbrettchens wagerecht an den Stab, und du kannst an der Kompaßnadel direkt ablesen, in welcher Stunde (Teilstrich) oder nach welcher Himmelsrichtung die Spalte streicht.

50. Bestimme sodann die Richtung des Fallens, die immer senkrecht zum Streichen gemessen wird, mit dem Kompaß, sodann den Fallwinkel. Dazu benutzt man am besten einen Transporteur (Fig. 27), an dem man an einem Seidenfaden ein kleines Gewicht in beistehender Weise befestigt. Wenn man die obere Kante des Transporteurs mit der Fallrichtung parallel hält, kann man den Fallwinkel am Gradbogen direkt ablesen.

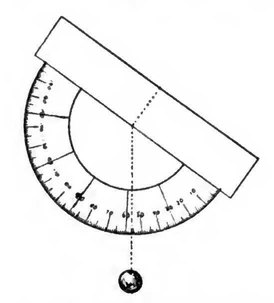


Fig. 27. Der Teilstrich 90 muß mit 0° bezeichnet und die Grade von ihm nach beiden Seiten hin bis 90° markiert werden.

51. Um die Mächtigkeit größerer Schichtenablagerungen an geneigten Bergabhängen zu bestimmen, nimm eine der bekannten flachen und runden Feldflaschen, fülle sie zur Hälfte und stelle dich am Fuß des Abhanges oder auf der Schichtgrenze auf; halte die Flasche dann gestreckten Armes so, daß du noch ein klein wenig von der kreisförmigen Wandung siehst und so hoch, bis dir der Flüssigkeitsspiegel nicht mehr als Fläche, sondern als Linie erscheint; dann befindet sich derselbe in der Wagrechten durch das Auge, und jeder dahinter erscheinende Punkt hat die gleiche Höhe wie das Auge und liegt um die Augenhöhe z über dem Standort. Merke dir nun einen solchen Punkt an der Böschung, stelle dich mit den Absätzen auf ihm auf und ziele in gleicher Weise weiter; dann beträgt die Höhe des nächsten Zielpunktes über dem Anfangspunkt $2z$. Auf diese Weise wirst du auch die Höhe eines ganzen Bergabhanges bestimmen können. Den Wert für z findest du, indem du im Zimmer eine Wand in gleicher Weise anzielst, und die Höhe des Zielpunktes über dem Boden mißt; sie wird im allgemeinen 1,6 m betragen. Geht die letzte Ziellinie (am Abhang) über den Endpunkt des zu messenden Höhenunterschiedes hinweg, so stecke auf dem letzten Standort

einen Stock in die Erde und gehe an ihm mit der Flasche so weit herunter, bis die Ziellinie auf den Endpunkt trifft; oder stecke den Stock auf den Endpunkt und ziele ihn vom letzten Standort aus an; in beiden Fällen wird das zu addierende oder zu subtrahierende Stück mit dem Zollstock abgemessen (nach P. KAHLE).

52. Achte an schlammigen Pfützen auf die von kriechenden Würmern, Käfern, Vögeln oder kleinen Vierfüßlern hinterlassenen Spuren. Lasse solche Tiere über eine in einem flachen Holzkasten ausgebreitete Tonschicht kriechen und forme nach dem Trocknen die Spur mit Gipsbrei ab. Beachte die Gestalt der in Mühlgräben und Flußtümpeln sichtbaren Kriechspuren von Schnecken und Muscheln (nach R. WAGNER).

7. Das unterirdische Wasser und die Quellen.

Wenn im ebenen Niederungsboden eine tiefe Öffnung gegraben wird, so beobachtet man, daß der an der Erdoberfläche meist trockene Boden mit zunehmender Tiefe feucht wird, obwohl die Poren zwischen den Krümeln des Erdbodens noch mit Luft erfüllt sind. Gräbt man aber weiter, so erreicht man endlich eine Zone, in der auch die kleinen Bodenhohlräume Wasser führen. Die Oberfläche dieser wasserreichen Gebiete der Erdrinde nennt man den Grundwasserspiegel.

Seine Lage ändert sich in verschiedenen Ländern und in wechselnden Witterungsperioden; er steigt nach lang andauerndem Regen, er sinkt in Zeiten großer Dürre; in trockenen Wüsten liegt er bis 50 m tief unter der Oberfläche.

Sehr viele Wurzeln, besonders von Bäumen und Sträuchern, reichen bis zum Grundwasserspiegel hinab. Auch die im Boden lebenden Spaltpilze sind oft abhängig vom Grundwasser. Manche gefährliche Krankheitserreger (wie Cholera- und Typhusbazillen) gedeihen am besten



bei sinkendem Grundwasserspiegel in den noch feuchten, aber besser gelüfteten Erdschichten, und deshalb sind solche Perioden für die Verbreitung von Epidemieen besonders geeignet.



Fig. 28. Das Verhältnis des Wasserspiegels eines Flusses zu dem oft etwas ansteigenden Grundwasserspiegel (gestrichelt) in den Ablagerungen des Ufers. Links eine bei Hochwasser mit Wurzelwerk und vereinzelt daran hängenden Steinen überstreute flachgeneigte Fläche; darunter Steilufer, rechts Flachufer, in der Sohle des Flusses eine Kiesbank. Die gebogenen Linien im Wasser stellen die Zonen gleicher Stromgeschwindigkeit dar, die größte Geschwindigkeit liegt im Stromstrich (*S*).

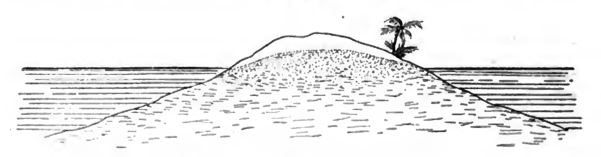


Fig. 29. Verteilung des süßen (punktiert), vom Regen stammenden und des salzigen (gestrichelt) schweren, aus dem Meere (schraffiert) eindringenden Grundwassers auf einer ozeanischen Insel. In der Nähe der Palmengruppe könnte man durch Brunnengraben Trinkwasser gewinnen.

Im Ufergelände größerer Flüsse steigt der Grundwasserspiegel vom Ufer ab langsam an (Fig. 28), und auf manchen ozeanischen Inseln kann man nahe dem Ufer (Fig. 29) süßes Grundwasser aufgraben, weil das auf der Insel fallende Regenwasser den Grundwasser-

spiegel beeinflußt und, da es leichter als Seewasser ist, auf demselben schwimmt. Sandiger Boden läßt das Grundwasser in die Tiefe sickern, toniger Boden hält es zurück; daher ist die Beschaffenheit des Erdbodens von größter Bedeutung für das Wachstum der Pflanzen, für Forstkultur und Landwirtschaft. Je dicker die Schuttdecke der Erdrinde ist, je lockerere Massen bis in große Tiefe reichen, desto leichter können die Wurzeln der Pflanzen bis zum Grundwasserspiegel hinabdringen.



Fig. 30. Eine Vertiefung im Gelände, deren Wände vom Grundwasserspiegel (gestrichelt *G*) geschnitten werden, so daß daselbst Wasser austreten kann.

Oft bedingt die Oberfläche des Geländes, oder die unterirdische Verteilung wasserundurchlässiger Bodenarten, daß der Grundwasserspiegel aus dem Erdboden heraustritt (Fig. 30). Dann entstehen sumpfige Stellen, Moore, Sickerquellen, welche bei sinkendem Grundwasser verschwinden. Aber auch unterhalb des lockeren Erdbodens im festen Felsgestein sind überall mehr oder minder große Wassermengen vorhanden. Fast jedes Bergwerk, jede Tunnelanlage, jede tiefe Höhle zeigt uns die ungeheuere Macht und Verbreitung unterirdischer Gewässer. Nur unter besonderen Umständen kommen unterirdisch wasserarme oder wasserfreie Gebiete vor; entweder, daß eine wasserundurchlässige Tonschicht, wie bei allen Salzlagern, den Zutritt des Wassers verhindert, oder daß durch größere Spalten das vorhandene Wasser ge-

sammelt und nach anderen Gebieten der Erdrinde geführt worden ist.

An jedem Steinbruch können wir beobachten, welche Wassermengen selbst in den festesten Steinarten enthalten sind. Viele Gesteine können nur im „bergfeuchten" Zustand bearbeitet werden, d. h. solange sie noch von dem unterirdischen Wasser getränkt sind; sie werden spröde und schwer zu formen, wenn sie ausgetrocknet sind.

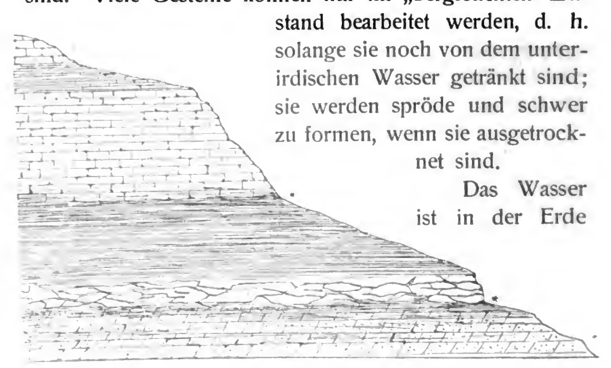


Fig. 31. Profil durch die Abhänge des mittleren Saaltals mit den durch * bezeichneten wichtigsten Quellpunkten. Das Regenwasser sickert auf dem Plateau in die durch den dünnschichtigen mittleren Muschelkalk getrennten kluftreichen Kalkbänke des oberen und unteren Muschelkalkes, um an deren Unterkante auf den wasserführenden Tonschichten des Röt auszutreten. Die weitersinkenden Wasser sammeln sich dann nochmals in den kluftreichen Gipsen, um über den tonreichen Chirotheriumschichten auszufließen.

Das Wasser ist in der Erde aber nicht gleichartig verteilt, sondern ebenso wie es an der Erdoberfläche feuchten und trocknen Boden gibt, so baut sich die Erdrinde aus wasserdurchlässigen und wasserzurückhaltenden, wasserreichen und wasserarmen Felsarten auf. Eine große Rolle spielen außerdem die Absonderungsflächen verschiedener Gesteine, die je nach dem

Umriß der einzelnen Massen bald schichtenartig horizontal, bald gebogen und gebrochen verlaufen.

In einem aus wagerecht geschichteten Gesteinen aufgebauten Gebiet finden wir die wasserführenden Zonen da, wo wasserdurchlässige auf wasserhaltenden Gesteinen auflagern. Wenn man die Einordnung (Fig. 31) der wasserführenden Grenzflächen in die gesamte Gesteinsfolge berücksichtigt, kann man berechnen, wie tief man graben muß, um sicher Wasser zu finden.

Aber nicht überall liegen die Verhältnisse so einfach. Kleine und große Spalten der verschiedensten Entstehung dringen von oben her in die Erdrinde hinein. Wenn es einmal lange Zeit nicht geregnet hat, dann klafft überall der Boden, und in jedem Aufschluß sehen wir eine große Anzahl von Klüften, welche auf geradem oder vielgebogenem Wege die Erdoberfläche erreichen. Trockner Lehmboden und trocknende Lehmpfützen zeigen dann oft eine sehr regelmäßige Zerklüftung in sechsseitige, bald kleine, bald größere Schollen, die eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Umriß von Bienenwaben haben. Die Ursache für diese weitverbreitete Erscheinung ist folgende: Beim Eintrocknen schrumpft der wasserhaltige Ton stark zusammen, und es bilden sich Sprünge, die erstens ein eng geschlossenes Maschensystem bilden sollen und zweitens die größte Masse schrumpfenden Tons mit dem kürzesten Umriß begrenzen müssen. Diesen Anforderungen entspricht am besten das Sechseck. Deshalb finden wir diese Form ebenso häufig bei eintrocknendem Ton, wie bei sich abkühlenden vulkanischen Gesteinen, die dabei in sechsseitige Säulen (Basalt, Porphyr) zer-

springen; doch kommen in allen diesen Fällen auch 3-, 4-, 5-, 7- oder 8-seitige Vielecke vor.

Auf den Klüften dringt das fallende Regenwasser in die Tiefe und beginnt von ihren Wänden aus das Gestein zu verwittern, zu zersetzen, zu erweichen.

An zerklüfteten Granit- oder Basaltbergen können wir die Wirkungen dieser Vorgänge leicht verfolgen. Wir sehen, wie die von scharfen Klüften umrissenen Gesteinsblöcke von den Kanten und Ecken her abgerundet werden. Regenwasser und Wind entführen den verwitterten Sand. Immer tiefer dringt die Verwitterung in die Erdrinde ein, die Gesteinsblöcke runden sich nach allen Seiten, einige gleiten vielleicht auch, ihrer Unterlage beraubt, ein Stück den Bergabhang hinab (s. Fig. 5 u. 8). Durch Jahrtausende geht dieser Vorgang unaufhaltsam weiter, und endlich sehen wir ein F e l s e n m e e r vor uns, das scheinbar aus aufeinander getürmten Blöcken aufgebaut ist, während es in Wirklichkeit den Überrest eines früher noch höheren Berggipfels darstellt.

Sehr verhängnisvoll können Klüfte werden, wenn sie ein härteres Gestein durchsetzen, das auf einer weicheren Unterlage liegt. Indem die letztere rasch verwittert, bricht endlich die hangende Decke längs der darin vorhandenen Spalten als Bergschlipf in die Tiefe.

Wenn solche Spalten durch die Verwitterung nach oben erweitert werden, dann können sie auch gelegentlich von oben her mit Gesteinsschutt erfüllt sein.

Gerade die oberflächlichen Spalten sind auf die mannigfaltigste Weise miteinander verbunden, und das in sie hineingedrungene Regenwasser kommt leicht als

Sickerquelle zutage. Die Temperatur solcher, aus dem oberflächlichen Grundwasser stammenden Quellen wechselt mit der Jahreszeit, und da ihr Wasser leicht verunreinigt werden kann, trüben sie sich nach jedem Regen und sind im allgemeinen nicht als gesund zu bezeichnen.

Andere Quellen trüben sich auch nach starken Regengüssen nicht und haben das ganze Jahr dieselbe Temperatur. Bald ist diese niedrig und entspricht der mittleren Jahrestemperatur des Ortes; bald ist das Wasser warm. Man darf annehmen, daß sie aus tieferen Gebieten der Erdrinde emporsteigen, und daß ihr Wasser beim Durchsickern dichter Gesteine vollkommen gereinigt worden ist. Nur selten sind solche Quellwässer chemisch rein (Wildbäder), fast immer enthalten sie kleine Mengen gelöster Stoffe, und nach dem Vorwiegen derselben unterscheidet man Kalkquellen, Salzquellen, Eisenquellen u. s. w. Heiße Quellen nennt man Thermen, und wenn sie reichlich Gase entwickeln: Sprudel.

Wir müssen uns darüber klar werden, daß alle diese Quellen aus den Gesteinen der Erdrinde empordringen, und daß, von nachträglichen Veränderungen abgesehen, ihre Eigenschaften durch die Beschaffenheit der Gesteine bedingt ist, aus denen sie entspringen. Eine Salz- oder Solquelle kommt also aus einem salzhaltigen Gestein, ein Eisensäuerling stammt aus den Klüften von Felsarten, in denen Kohlensäure Eisenverbindungen auflösen konnte, und eine 80° warme Quelle entspringt aus einer Spalte, welche bis in solche Tiefen der Erdrinde hinabreicht, wo eine Temperatur von 80 oder mehr Grad herrscht.

Jedes Bergwerk und jede Tunnelanlage gibt dem



Geologen Erfahrungen über die Wasserverteilung in tieferen Gebieten der Erdrinde. Dadurch wissen wir, daß durch die Verbreitung wasserdurchlässiger und wasserführender Gesteine sowie durch die Richtung und den Verlauf von Spalten die Verteilung der unterirdischen Gewässer bestimmt wird. Aus der Beobachtung der Felsarten an der Erdoberfläche und durch die Verfolgung geologischer Spaltensysteme kann der Geologe daher auch Schlüsse über den unterirdischen Wasserhaushalt ziehen und Ratschläge zur Auffindung ergiebiger Quellen geben [1]).

Da es Quellen von 0—100° Wärme gibt, und bekanntlich unter normalem Druck das Wasser nicht wärmer werden kann, ohne zu verdampfen, so ergibt sich aus dieser Beobachtung, daß es in der Erdrinde Gesteine gibt, welche bis zu 100°, ja wahrscheinlich noch darüber erwärmt sind.

Über die Verteilung dieser verschiedenen Wärme-

---

1) Obwohl dies der einzig sichere Weg ist, der zur Erschließung von Quellen führt, so ist doch die Annahme weit verbreitet, daß auch ein wissenschaftlich ungebildeter sogenannter Quellenfinder, sei es auf Grund eines bestimmten Ahnungsvermögens oder nach den Angaben der Wünschelrute, Quellen nachweisen könne. Die vereinzelten Fälle, in denen solche Unternehmungen vom Glück begünstigt waren, werden überall erzählt, die zahlreichen Mißerfolge selbst der gesuchtesten Quellenfinder erfahren aber nur wenige, weil jeder sich hütet, seine erfolglosen Bemühungen und seine vergeblichen Ausgaben anderen zu verraten. Es wäre allerdings ungerecht, wenn man leugnen wollte, daß ein guter Beobachter, der sich durch lange Erfahrung geübt hat, auch ohne eine spezifisch geologische Bildung erfolgreich nach Wasser graben könne. Allein in der Regel spielt hier der Zufall eine große Rolle. Und wie ein glücklicher Lotteriespieler mehrfach große Summen mühelos gewinnt, so wird auch ein geschickter „glücklicher“ Quellsucher manche Wasserader aufdecken können. Aber ein sicherer Erfolg ist nur nach strenger, geologischer Untersuchung zu erreichen.

gebiete in der Erdrinde hat man bei der Anlage von tiefen Tunneln, Schächten und Bohrlöchern die Erfahrung gemacht, daß die Wärme in der Erdrinde mit zunehmender Tiefe immer steigt. Man nennt die Tiefe, welche man erreichen muß, um ein Steigen des Thermometers



Fig. 32. Entstehung einer heißen Quelle durch kaltes Schneewasser, das auf den umliegenden Höhen in die von Spalten durchsetzte Erdrinde eindringt, die verschieden warmen Schichten (der Verlauf der Ge-isothermen von 5—40° ist durch punktierte Linien dargestellt) durchsickert und im Niveau des Badeortes wagerecht auf einer Sammelspalte zutage tritt.

um 1° C zu beobachten, die geothermische Tiefenstufe. Sie beträgt im Durchschnitt 35 m, und indem wir von der mittleren Jahrestemperatur der betreffenden Gegend ausgehen, können wir aus der Wärme einer Quelle die Tiefe der Spalten berechnen, aus denen sie stammt. Der Karlsbader Sprudel ist 59° warm, die Jahrestemperatur 7°. Das Wasser muß also ungefähr aus

einer Tiefe von 1820 m stammen. Heiße Quellen in hohen Gebirgen kommen in vielen Fällen wahrscheinlich nicht aus der senkrechten Tiefe, sondern aus einem wagerechten Spaltensystem, das bis in den warmen Kern eines Bergstockes hineinreicht (s. Fig. 32).

Manche Quellen enthalten eine beträchtliche Menge von gelösten Stoffen, die sie beim Austritt aus der Erde teilweise absetzen. Bekanntlich vermag heißes Wasser mehr zu lösen als kaltes. Wenn sich nun eine heiße Kalkquelle, wie der Karlsbader Sprudel, abkühlt, dann vermindert sich seine Lösungskraft, und Krusten von weißem oder durch Eisenocker braun gefärbtem Kalk überziehen alle vom Wasser überspülten Gegenstände. So werden Vogelnester und Blumensträuße übersintert oder, wie der Laie fälschlich sagt, versteinert.

Viele Kalkquellen konnten nur deshalb Kalk lösen, weil sie Spuren von Kohlensäure enthielten, die das Regenwasser aus der Luft oder dem Waldboden aufgenommen hatte. Treten solche Quellen zutage, dann wird durch die sprudelnde Bewegung und die Erwärmung des Wassers die Kohlensäure ausgetrieben, und der mit ihrer Hilfe gelöste Kalk fällt aus. Solches „hartes“ Quellwasser übersintert dann die ganze Umgebung seines Laufes, überzieht Moose, Blätter und Gräser mit zarten Sinterkrusten. Bisweilen umhüllte es sogar die Skelette der an der Quelle verendeten oder von den Urmenschen auf ihren Jagdzügen erbeuteten Tiere und konservierte so wichtige Dokumente der Erdgeschichte. Man nennt solche Süßwasserkalke auch Kalksinter oder Tophstein (nicht Tuff). Berühmt sind die Sinter von Taubach und Ehringsdorf bei Weimar wegen ihrer vielen Versteinerungen und die

sogenannten Travertine von Tivoli, aus denen die Peterskirche und die Kaiserpaläste Roms erbaut sind.

Wenn solch kalkhaltiges Wasser über eine Schutthalde scharfkantiger Gesteinsbrocken rinnt, dann verkittet es diese zu einer Breccie, runde Gerölle zu einem Konglomerat, mit kalkigem Bindemittel.

Aufgaben:

53. Bestimme die Lage des Grundwasserspiegels bei der Anlage von Brunnen, Gräben oder Baumlöchern; berücksichtige dabei die Niederschläge der letzten Wochen und die Lage des Grundstücks.

54. Beobachte das Schwanken des Grundwasserspiegels bei wechselnder Witterung.

55. Wiege ein bergfeuchtes Stück eines frisch gebrochenen Gesteins und bestimme nach längerem Trocknen den Wasserverlust desselben durch das Gewicht. Berechne den Wassergehalt verschiedener technisch verwerteter Gesteine.

56. Zeichne das Netzwerk der Spalten in einer eintrocknenden Lehmpfütze, mache dann einen Abguß mit Gipsmilch, um die Netzleisten auf der Unterseite einer hangenden Gesteinsschicht nachzuahmen.

57. Miß die Temperatur von Sickerquellen, die im trocknen Sommer versiegen und vergleiche sie mit dem Gang der mittleren Jahrestemperatur. (Im allgemeinen nehmen solche Quellen erst nach einigen Tagen oder Wochen die Temperatur der Luft an, weil ihnen dieselbe durch den schlecht wärmeleitenden Erdboden erteilt wird.)

58. Bestimme die Temperatur von allen Quellen des Heimatsgebiets in jedem Monat und vergleiche den Gang derselben miteinander. Je unveränderlicher die Temperatur ist, desto tiefer liegt das Ursprungsgebiet des Wassers.

59. Verdampfe 1 Liter Quellwasser und wiege die gelöste Substanz. Verschwindet dieselbe bei Befeuchten mit verdünnter Salzsäure unter lebhaftem Brausen, so handelt es sich um eine Kalkquelle, das Wasser ist „hart“. Wenn sich der Rückstand beim Erwärmen bräunt und beim Erhitzen verbrennt, so sind (schädliche) organische Stoffe im Wasser enthalten. Andere schädliche Verunreinigungen durch Salpetersäure, salpetrige Säure, Ammoniak, Chlor, Schwefelwasserstoff u. a. kann nur der Chemiker nachweisen.

60. Schütte ganz kleine Mengen Schlämmkreide (kohlensauren Kalk) in eine Flasche Sodawasser und beobachte, wie

viel Gramm Kalk in dem kohlensauren Wasser gelöst wird. Mache einen Kontrollversuch mit reinem Brunnenwasser, das selbst nach Tagen die Kalkerde noch ungelöst enthält. Lasse dann die Kalklösung des ersten Versuches offen stehen und beobachte, wann sich die Kalkteilchen wieder auszuscheiden beginnen. Bei Durchleiten oder Schütteln mit Luft sowie Erwärmen wird die Ausscheidung (Trübung) rascher vor sich gehen.

61. Hänge in eine kalkreiche Quelle eine kleine trocken gewogene Schieferplatte und beobachte in regelmäßigen Zeitabständen (Monaten), um wie viel sie durch Kalkablagerung schwerer geworden ist, indem du die getrocknete Platte abermals wiegst und den Kalkbelag durch verdünnte Salzsäure wieder entfernst (nach E. ZIMMERMANN).

8. Die Ausfüllung von Spalten und Hohlräumen.

Ungemein zahlreich sind in der Erdrinde die Spalten, welche nach allen Seiten geschlossen sind. Sie treten besonders häufig in solchen Gebieten auf, welche bei dem später zu schildernden Gebirgsbildungsprozeß verschoben und zusammengedrückt worden sind. Sie sind klein oder groß, schmal oder breit und enden entweder nach kurzer Strecke oder nach einem Verlauf von mehr als 100 m. Zur Zeit ihrer Bildung sind sie in beträchtlicher Tiefe unter der Erdoberfläche. Wenn aber das von ihnen durchsetzte Gestein verwittert und abgetragen ist, dann können sie auch nachträglich nach oben geöffnet erscheinen (Fig. 33).

Da fast alle Gesteine Spuren von Wasser enthalten oder für solches in geringem Maße durchlässig sind, sickert dieses in den vielgestalteten Hohlräumen der Erdrinde zusammen, und da es hier zurückgehalten wird, beginnen sich die gelösten Stoffe langsam auszuscheiden. Bald entstehen auf diesem Wege Spaltenausfüllungen von

Kalkspat, Quarz, Schwerspat, Gips, bald sammeln sich Lösungen von Eisen-, Blei-, Kupfer- oder Silberverbindungen darin, um langsam auszukristallisieren.

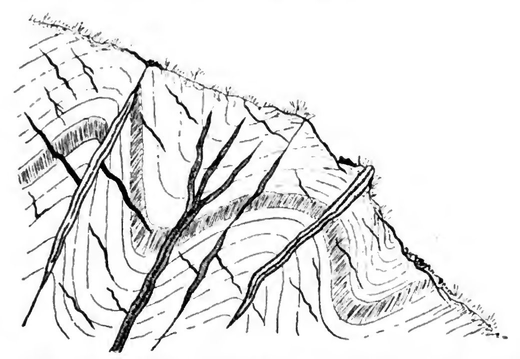


Fig. 33. Gefaltete Schiefer, von Spalten und Mineralgängen durchsetzt. Die ältesten, unter sich parallelen, vergabelten Spaltenausfüllungen (schwarz) sind durch Aufreißen jüngerer Spalten zerschnitten und verworfen worden. Die letzteren wurden, solange sie, rings geschlossen, von schwachen Minerallösungen erreicht werden konnten, mit abwechselnden Generationen von Mineralien ausgefüllt. Durch spätere Abtragung ist der Gang rechts an die Oberfläche gerückt und bildet eine felsige Klippe; an drei Stellen wird die Erdoberfläche durch ältere Gangausfüllungen begrenzt.

Sehr oft gelangen nacheinander Lösungen verschiedener Stoffe nach einer solchen Spalte, und wenn sich z. B. ihre Wände zuerst mit einem dünnen Belag von Quarzkristallen bedeckten, so wuchsen vielleicht darauf Bleiglanzkristalle, und der dann noch übrigbleibende mittlere Hohlraum wurde schließlich mit Schwerspat ausgefüllt.

Wir nennen solche, durch Minerallösungen mit Kristallrinden ausgefüllte und dadurch zugeheilte Spalten je nach ihrem Gehalt: Mineralgänge oder Erzgänge; ihre technische Bedeutung ist zu bekannt, als daß wir darauf weiter einzugehen hätten.

Die Erzgänge können wie die früher betrachteten Spalten und Verwerfungsklüfte vereinzelt oder in parallelen Zügen auftreten; durchschneiden sie sich gegen-

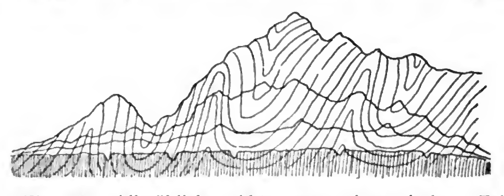


Fig. 34. Allmähliche Abtragung eines hohen Faltengebirges zu einer flachen Gebirgsruine (Rumpfgebirge). Der höchste Kamm mag dem gegenwärtigen Profil des Himalaya entsprechen, die zweite Kammlinie soll ein bis zur Alpenhöhe erniedrigtes Gebiet darstellen. Die dritte Kammlinie entspräche dem stark abgetragenen Ural, während der schraffierte Sockel die Hochebene des Erzgebirges mit ihren tief eingeschnittenen Talrinnen darstellen soll.

seitig, dann entsteht ein sogenanntes Gangkreuz; man unterscheidet den „verworfenen" älteren Gang von einem jüngeren „Verwerfer".

Manche Erzgänge enthalten nicht nur nebeneinander verschiedene Generationen von Mineralausscheidungen, sondern ihr Erzgehalt wechselt auch mit zunehmender Tiefe. Werden sie hierbei reicher an abbauwürdigem Erz, dann sagt man, sie „veredeln" sich, während erzärmere Teile desselben Ganges als „taubes" Ganggestein bezeichnet werden.

Wertvolle Erzgänge finden wir besonders da, wo ältere Faltengebirge durch Millionen von Jahren verwittert und abgetragen worden sind, so daß der tiefste Kern des Gebirges aufgeschlossen wurde. Deshalb sind gerade alte Gebirgsruinen, wie das Erzgebirge und der Ural, erzreicher als die jüngeren, weniger abgetragenen Faltengebirge der Alpen oder des Himalaya (Fig. 34).

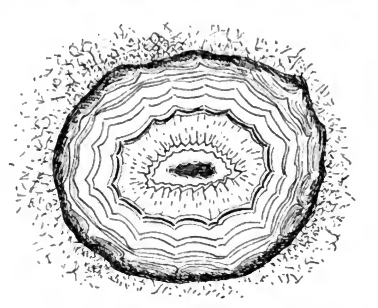


Fig. 35. Achatdruse, d. h. Ausfüllung eines rundlichen Hohlraums in einem vulkanischen Gestein durch verschiedene Generationen von Kieselsäurerinden. Zuerst setzte sich traubiger Chalcedon, dann gebänderter Achat ab, der Hohlraum wurde sodann mit Quarzkristallen ausgekleidet und die mittlere Lücke zwischen diesen mit Chalcedon erfüllt.

Neben den mehr flächenhaft ausgedehnten, leeren Spalten (oder mit Gesteinsmassen erfüllten Gängen) finden sich kleine und große Hohlräume von rundlichem oder unregelmäßigem Umriß und von sehr verschiedenartiger Entstehung in der Erdrinde weit verbreitet.

Bisweilen kommt die glühende Lava sehr reich an Dämpfen zur Erdoberfläche und wird durch dieselben wie gegorenes Brot schaumig und blasenreich. Diese in der fließenden Lava oft langgezogenen Blasenräume werden, ganz ähnlich wie die Mineralgänge, mit zier-

lichen Kristallen oder Mineralrinden ausgekleidet, die, oft in wiederholtem Wechsel und mit bunten Farben geschmückt, die erbsen- bis faustgroßen Hohlräume erfüllen. Man nennt solche Gebilde: Kristall*drusen*, wenn sie aus Kristallbüscheln, Achat*drusen*, wenn sie aus buntgefärbten Kieselsäurerinden bestehen (Fig. 35). Früher fand man solche häufig in dem vulkanischen, verwitterten Melaphyr des Nahetals bei Oberstein und Kirn. Nachdem eine daraufhin entstandene Achatindustrie das leicht zu gewinnende einheimische Material aufgebraucht hat, werden in Oberstein hauptsächlich südamerikanische Achate geschliffen und gehen von hier in die Badeorte und Juwelierläden der ganzen Welt.

In den mächtigen Granitstöcken der Alpen finden sich bisweilen größere Hohlräume, die man als *Kristallkeller* bezeichnet, weil im Laufe langer Zeiten besonders große und schön ausgebildete Gruppen von Kristallen darin entstanden sind. Aus ihnen stammen die bis 80 cm langen, wasserhellen, prächtigen Bergkristalle oder die bräunlichen Rauchtopase, die der Schmuck mancher Sammlungen sind.

Größere Hohlräume entstehen in der Erdrinde auch dadurch, daß lösliche Gesteinsmassen durch das Wasser aufgelöst und durch Mineralquellen entfernt werden. Einer der löslichsten Stoffe ist das Steinsalz, und bei der Allgegenwart von Wasser halten sich Steinsalzlager in der Erdrinde nur so lange, als der sie umhüllende Mantel von undurchlässigem Ton unverletzt ist. Sobald ihn eine kleine Wasserader durchdringen kann, wird das Salz aufgelöst, eine Salzquelle bildet sich, und nach einer bestimmten Zeit bleibt statt des Salzes oder des salzreichen Tones ein Hohlraum in der Erde zurück.

Mit dem Salz ist sehr häufig Gips verbunden, der, im Wasser aufgelöst, nach dem Hohlraum wandert und hier in durchsichtigen Kristallen von sogenanntem Marienglas (Gipsspat) wieder ausgeschieden wird. So ist die bekannte Marienhöhle bei Friedrichroda entstanden, deren Wände von seltsam gebogenen Gipskristallen gebildet werden.

Häufig ist auch wasserfreier Gips, d. h. Anhydrit, mit Salzlagern verknüpft, der sich bei Zutritt von Wasser in Gips verwandelt. Die Barbarossahöhle am Kyffhäuser (Fig. 36) entstand durch Auflösung eines Salzlagers, dessen Decke von Anhydrit gebildet wurde. Unter dem Zutritt von Wasser und feuchter Luft verwandelt sich jetzt der Anhydrit in wasserhaltigen Gips und vergrößert hierbei seine Masse um ein Fünftel. Als Zeugen dessen hängen von der Decke der Höhle phantastische Fahnen und Lappen von Gips herab, die endlich in den kleinen See am Boden der Höhle hinabfallen und durch neu gebildete Gipsfahnen ersetzt werden.

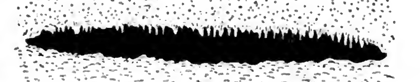


Fig. 36. Durchschnitt durch die Barbarossahöhle am Kyffhäuser. Der Hohlraum trennt eine hangende Masse von Anhydrit (punktiert), die sich durch Wasseraufnahme in Gips verwandelt, ihr Volumen vergrößert und in langen Fahnen herabhängt, die endlich herabbrechen und im Liegenden eine Gipsanhäufung (gestrichelt) bilden.

Was hier im kleinen geschieht, daß nämlich die Decke einer Höhle einbricht und der Hohlraum selbst hierbei langsam emporrückt, das vollzieht sich oft in ziemlich kurzer Zeit, wenn die über einem ausgelaugten

Salzlager hangende Schichtenreihe zusammenbricht und auf der Erdoberfläche ein trichterförmiger Erdfall entsteht. Dieser kann dann später von Wasser erfüllt werden und einen einsamen, stillen See bilden, wie solche am Harzrand und in Thüringen (Salzungen, Gera) bekannt sind.

Zu den löslichen Gesteinen gehört auch der kohlensaure Kalk, und deshalb erweitern sich vielfach die in mächtigeren Kalkmassen aufsetzenden Spalten zu Lücken und Höhlen. Aber nicht alle Höhlen in Kalkgebirgen sind durch spätere Auflösung des Kalkes entstanden. Viele ungeschichtete Kalkmassen sind nichts anderes als versteinerte Korallenriffe; sie waren genau wie die lebenden Korallenriffe der warmen Meere von einem unregelmäßigen System von Hohlräumen durchsetzt, das zwischen den wachsenden Korallenpfeilern offen blieb. Mannigfaltige Vorgänge haben natürlich später die ursprüngliche Form dieser „Rifflücken" umgeändert, das Wasser hat an ihren Wänden genagt, ihre Decke ist heruntergebrochen, und doch läßt sich oft die ursprüngliche Form der Rifflücke noch heute nachweisen.

Das durch den Kalk sickernde kohlensäurehaltige Wasser löst auf seinem Wege überall Kalkteilchen auf und scheidet dieselben leicht wieder ab, wenn es von der Decke der Höhle hereintropft. So bilden sich an jeder Tropfstelle wachsende (Fig. 37), anfangs hohle, dann solide Zapfen (Stalaktiten), und auf dem Boden der Höhle läßt jeder fallende Tropfen abermals Spuren von Kalk zurück, die von unten her als Stalagmit emporwachsen. Wenn in jahrtausendlanger Arbeit Stalaktit und Stalagmit so lang gewachsen sind, daß sie sich berühren,

dann entsteht eine Tropfsteinsäule, an deren Wänden nun das kalkhaltige Wasser herabrinnt und sie immer mehr verdickt.

Treten aus einer in der Decke der Höhle befindlichen Spalte die kalkhaltigen Tropfen hervor, dann bildet sich eine faltige Sinterfahne, deren heller Klang ihre kristallinische Beschaffenheit verrät.

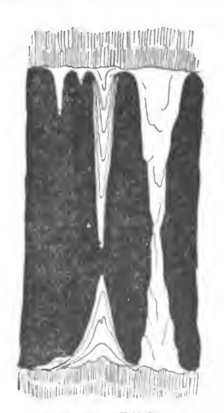


Fig. 37. Bildung von Tropfsteinen in einer Kalkhöhle. Links oben junge Zapfen, in der Mitte ein älterer Stalaktit, dem von unten ein Stalagmit entgegenwächst. Rechts sind beide zu einer Tropfsteinsäule verschmolzen.

So werden die einstigen Rifflücken durch Tropfsteingebilde immer mehr verengt, und diese müßten schließlich alles überziehen, wenn nicht gelegentlich die tropfsteinverzierte Decke herabstürzte und die Höhle um diesen Betrag zur Erdoberfläche emporstiege. Dieser Vorgang kann dazu führen, daß endlich die letzte schützende Decke hinabbricht und die Oberfläche des Kalkplateaus eine unregelmäßige Mulde zeigt, wie solche als Dolinen im Karstgebirge bekannt sind. Natürlich wird dieses Einbrechen von starken Erschütterungen begleitet sein, die man vielfach mit den eigentlichen Erdbeben verwechselt, obwohl sie nur einen ganz begrenzten Wirkungskreis haben.

Manche Höhlen haben in der Vorzeit als Schlupfwinkel für allerlei Raubtiere gedient, die damals Europa

bevölkerten. Viele aufeinander folgende Generationen von Bären bewohnten die fränkischen Höhlen, schleppten ihre Beute dahin und verkrochen sich dort, wenn sie alt und krank waren, um zu sterben.

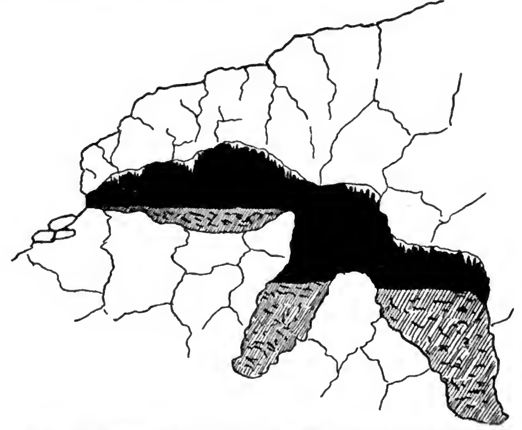


Fig. 38. Durchschnitt durch eine Tropfsteinhöhle in Franken. Links der niedrige Eingang; von der Decke hängen mehrfach Stalaktiten herab; die sackförmigen Vertiefungen am Boden sind mit Höhlenlehm ausgefüllt.

Es war das eine Zeit, in welcher ein trockenes Steppenklima in Deutschland herrschte und große Massen von gelbem Steppenstaub (Löß) überall angehäuft wurden. Gelegentliche Regengüsse schwemmten solchen Lehm auch in die Höhlen hinein, wo er die Knochen der verendeten Tiere umhüllte und mit diesen tiefer gelegene Teile der Höhle allmählich zufüllte. In der Gailenreuther Höhle (Fig. 38) hat man 1000 Unterkiefer von Höhlen-

bären gefunden, als Zeichen dafür, wie viele Generationen dieser Tiere darin gelebt haben und verendet sind. In den englischen Höhlen lebten Hyänen in ähnlicher Weise.

In ausgedehnten Kalkgebirgen kommt es häufig vor, daß derartige Höhlensysteme als Sammelbecken für eine ganze Anzahl von kleinen Wasseradern dienen, so daß schließlich eine überaus kräftige Quelle stromartig hervorbricht. Oder aber ein oberflächlicher Fluß versinkt in einem solchen Höhlensystem und dringt nach einiger Zeit mit unverminderter Kraft wieder hervor. Auch erweiterte Verwerfungsspalten können in derselben Weise wirken. So erklärt sich die bekannte Flußverbindung zwischen Rhein und Donau und mancher unterirdische Stromlauf in den Karsthöhlen.

Aufgaben:

62. Um den Grundriß einer Höhle oder einer Spaltenerweiterung aufzunehmen, benutze man den früher beschriebenen Bergmannskompaß. Man denke sich die Mittellinie des zurückgelegten Weges aus lauter geradlinigen Strecken (Fig. 39) zusammengesetzt, deren Länge und Richtung (Streichen) von

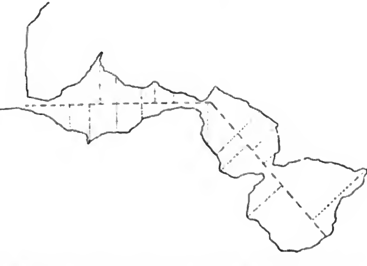


Fig. 39. Grundriß einer Höhle, aufgenommen durch einen gebrochenen Linienzug (Polygonzug mit Bussole), in bezug auf welchen die Lage der wichtigeren Höhlenpunkte durch die seitlichen Abstände (Ordinaten) von der Zugstrecke und durch die Entfernungen (Abszissen) der Abstandsfußpunkte von den Brechpunkten eingemessen worden ist.

Wendepunkt zu Wendepunkt gemessen wird. Von dieser Linie aus, die man vielleicht mit Kreide oder durch eine Schnur auf dem Boden markiert, mißt man den seitlichen Abstand der Höhlenwände. Man achte besonders auf Vertiefungen im Höhlenboden (oft durch Sinterkrusten verdeckt), die mit Knochenlehm erfüllt sind, und sammle die darin gefundenen Knochen möglichst vollständig. Gerade die Knochen kleinerer Tiere haben besondere wissenschaftliche Bedeutung.

63. Beobachte, in welcher Zeit die im Gewölbe von Eisenbahnunterführungen häufig entstehenden Stalaktiten um 1 cm wachsen, und warum sie sich besonders unter den bewachsenen Böschungen des Bahndammes ansiedeln (nach E. PILTZ).

9. Die fließenden Gewässer.

Die im Laufe eines Jahres als Regen und Schnee fallenden Niederschläge sind an verschiedenen Stellen der Erde von sehr verschiedener Höhe und wechseln selbst innerhalb Deutschlands nach der Lage des Ortes. Man mißt sie, indem man ein offenes Gefäß aufstellt, und die Höhe der Wassersäule nach Millimetern bestimmt. In manchen Wüsten fallen im Jahr nur 10 oder 20 mm Regen, im mittleren Deutschland beträgt die Niederschlagsmenge etwa 600 mm, in den heißen Zonen kann sie bis auf 10 m steigen. Indem man die Niederschlagsmengen eines Ortes in mehreren aufeinander folgenden Jahren vergleicht, ergibt sich die mittlere Niederschlagshöhe desselben.

Ein Teil der Niederschläge verdunstet wieder oder wird von den Lebewesen aufgenommen, ein anderer Teil versinkt im Erdboden und tritt nach längerem oder kürzerem Weg als Quelle wieder zutage. Der Überschuß fließt direkt ab, überspült die verwitterten Bergabhänge und mischt seine trüben, schlammigen Fluten mit dem klaren Wasser der Quellbäche.

Der Wasserreichtum einer Gegend hängt infolgedessen ab von der Trockenheit oder Feuchtigkeit der Luft, welche Niederschläge liefert und die Verdunstung bestimmt, sowie von der Durchlässigkeit und Vegetation des Bodens, in den der gefallene Regen eindringt. Die Oberfläche eines zerklüfteten Kalkplateaus, wie des Toten Gebirges und des Karstes, oder eines aus lockeren Aschen aufgebauten Vulkankegels, wie des Ätna, ist trotz beträchtlicher Niederschläge fast wasserleer.

In den Wüsten und Halbwüsten kann man besonders leicht verfolgen, wie die Stärke und Länge der fließenden Gewässer durch das Wechselspiel zwischen Niederschlägen und Verdunstung bedingt sind, denn viele anfangs starke Flüsse werden in ihrem Laufe immer wasserärmer, um endlich ganz im Sande zu versiegen. Die Flüsse Südwestafrikas erreichen nur nach starken Regengüssen das Meer, manche Flüsse Australiens fließen nur im Winter bis zum Ozean, und selbst der Nil wird auf seinem Wege von Chartum bis Kairo immer wasserärmer.

Unsere deutschen Flüsse aber bilden während des ganzen Jahres eine ununterbrochene Verbindung zwischen ihrem Quellgebiet und dem Meere; sie werden in ihrem Laufe immer wasserreicher, weil ihnen immer neue Nebenflüsse zuströmen, und sie bilden die wichtigste Transportkraft für die Produkte der Verwitterung.

Ein Bach oder Fluß nimmt stets seinen Lauf in den tiefsten Senken der Gegend, und da durch Verwitterung und Abtragung, sowie durch Bewegungen der Erdkruste die Oberfläche des Geländes beständig wechselt, so ändert sich auch immer die Lage und Richtung der fließenden Gewässer. Man würde nicht Flußläufe regulieren, die



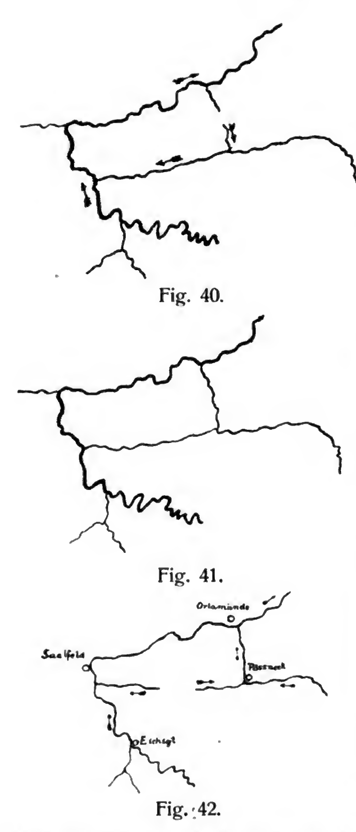


Fig. 40.

Fig. 41.

Fig. 42.

Fig. 40. Der Lauf der Orla in vordiluvialer Zeit. Sie mündete im Westen bei Saalfeld in die Saale, während bei Pößneck ein kleiner Nebenbach von Norden hineinströmte, und jenseits einer Wasserscheide ein ebensolcher Bach bei Orlamünde in die Saale floß.

Fig. 41. Durch langsames Vertiefen der obengenannten Wasserscheide ist vorübergehend eine wagerechte Verbindungsstrecke zwischen den beiden Seitenbächen entstanden.

Fig. 42. Indem sich zwischen Pößneck und Saalfeld eine kleine Bodenschwelle hob, wurde die Orla gezwungen, rechtwinkelig umzubiegen und im Bett ihres einstigen Nebenbaches nach Norden zu fließen, wo sie jetzt bei Orlamünde mündet, während ihr einstiger Unterlauf verödete und in seiner östlichen Hälfte von der rückläufigen „wilden Orla“ durchströmt wird.

Ufer befestigen und Wildbäche verbauen müssen, wenn nicht jeder stärkere Gewitterguß bestrebt wäre, den Lauf

der Abflußrinnen zu verschieben. Die Veränderlichkeit aller Flußläufe wird uns besonders deutlich, wenn wir über die Zeit eines Menschenlebens hinaus die Geschichte eines kleineren oder größeren Flusses geologisch verfolgen. Wir erkennen dann leicht, daß fast jeder Fluß im Laufe der Zeiten seine Richtung und seine hydrographische Verbindung gewechselt hat. So mündete die Orla früher

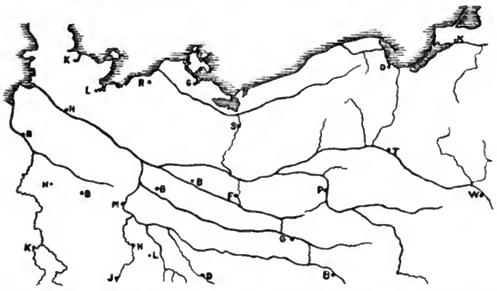


Fig. 43. Das Flußsystem des nördlichen Deutschlands zur Eiszeit (dicke Linien) zum Vergleich mit den heutigen wichtigeren Flußläufen (dünne Linien). Man erkennt, daß die alte Weichsel mit der Oder und der Elbe bei Cuxhaven mündete, und daß einstige nördliche Nebenflüsse dieses diluvialen Urstroms später Abflußrinnen desselben wurden. Durch Buchstaben sind einige wichtige Städte bezeichnet.

bei Saalfeld (Fig. 40, 41, 42), die Ilm floß einst von Weimar nach N. über Rastenberg nach der Unstrut. Die größten Veränderungen haben die Mündungen der norddeutschen Ströme erlitten, denn als während der Eiszeit eine riesige Eisdecke das norddeutsche Tiefland überzog, flossen die Schmelzwässer am Eisrand entlang von O. nach W., und es mündete damals die Weichsel (Fig. 43) gemeinsam mit der Elbe in die Nordsee.



Betrachten wir die Lage und Richtung der Flüsse auf der Karte, so ergibt ein Vergleich mit der geologischen Beschaffenheit des Landes, daß die meisten Flußläufe in ihren Hauptgrundzügen, abgesehen von der allgemeinen Böschung des Geländes, durch die heutige resp. vorzeitliche Verteilung harter oder weicher Felsarten und den Verlauf großer Spaltensysteme bedingt werden.

Man darf diese Sätze nicht so verstehen, als ob jeder Abschnitt des Flußlaufes nur durch die heutige geologische Beschaffenheit der Erdrinde bedingt sei. Vielfach beobachten wir sehr merkwürdige Abweichungen davon; aber es läßt sich dann oft zeigen, daß die Grundlagen des Flußnetzes in einem früheren Zustand der Dinge, als die Abflußrinnen noch in einem höheren Niveau lagen und jetzt abgetragene Berge sich darüber erhoben, angelegt wurden und bis in eine spätere Zeit erhalten blieben. Man nennt solche Flußläufe „epigenetisch".

Durch die Senkung einer größeren Ebene oder die Emporwölbung einer Gebirgskette kann sich ein Flußlauf vollkommen umkehren. So war der heutige Unterlauf der Oder und Weichsel früher das Bett von Nebenflüssen, die der alten Weichselelbe von N. zuströmten. Als dann das Ostseebecken eisfrei wurde, wurden sie zu Abflußrinnen für größere Abschnitte des vorher einheitlichen, jetzt zergliederten Stromsystems. Auch der mittlere Teil der Urorla, von Pößneck bis Könitz, ist später rückläufig (Fig. 42) geworden.

Innerhalb seiner allgemeinen Richtung ändert aber jeder Bach oder Fluß seine Strömung auch noch in kleinen Biegungen, die man nach einem klassischen Strome

„Mäander“ nennt (Fig. 44). Die Ursachen für diese oft ganz seltsamen Schlangenwindungen liegen in Härteunterschieden des Ufers, die den (vielleicht ursprünglich geradlinigen) Flußlauf anfangs nur wenig ablenkten, aber dann die Stoßkraft seines Wassers in immer stärkerer Weise nach dem konkaven Bogen des Ufers richteten, während das konvexe Ufer weniger angenagt wurde. So steigert sich die Schlangenwindung immer mehr, bis endlich eine schmale Halbinsel durchgebrochen wird, eine Flußschlinge verödet, und das alte Spiel von neuem beginnen kann.

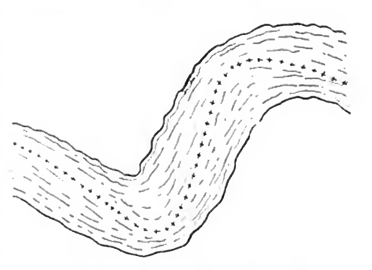


Fig. 44. Die Lage des Stromstriches (Kreuzchen) auf der Oberfläche eines gewundenen Flusses.

Die bei solchen Durchbrüchen abgeschnittenen und langsam ausgefüllten Flußschlingen (Altwasser) müssen beim Studium der Entwicklungsgeschichte eines Flußlaufes sorgfältig beachtet werden.

Neben der Lage und Windung des Flußbettes interessiert uns dessen Böschung von der Quelle bis zum Meer. Den Winkel, den sie mit der Wagerechten bildet, nennen wir das Gefälle. Es ist im allgemeinen im bergigen Quellgebiet am größten, verflacht sich im Mittellauf und nähert sich im Unterlauf der Horizontalen. Würde die Stoßkraft des Wassers nur von dem Gefälle eines Flusses abhängen, so müßte er in seinem Oberlauf die stärksten

Veränderungen erleiden. Aber da die Wassermenge und die Beschaffenheit des Ufers hierbei mitsprechen, so können auch im Mittellauf und Mündungsgebiet beträchtliche Lageverschiebungen eintreten.

Wenn auch im allgemeinen durch das Bett eines Flusses von der Quelle bis zur Mündung eine beständig sinkende Kurve gelegt werden kann, so gibt es doch geologische Ursachen, welche eine starke Auf- oder Abbiegung dieser Linie veranlassen. Wird durch einen Bergsturz ein Tal versperrt oder durch eine örtliche Hebung ein Talriegel gebildet, so wird der Wasserlauf zu einem Stausee abgedämmt (Fig. 45), der durch eine Rinne

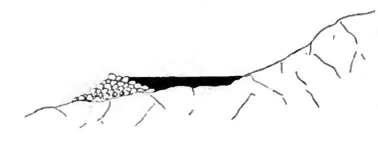


Fig. 45. Entstehung eines Sees (schwarz) durch Aufdämmung eines Talriegels, der entweder durch einen Bergsturz oder durch eine alte Stirnmoräne gebildet wurde.

über das Hindernis einen Abfluß sucht und findet. Am Talriegel aber entsteht ein Wasserfall oder eine Kette von Stromschnellen.

Dieselbe Wirkung wird erzeugt, wenn der Fluß über verschieden harte Gesteine hinwegströmt und sein Bett durch Auswaschen der weicheren Massen uneben gestaltet.

Die Schicksale der Flußerweiterungen (Teiche oder Seen) wollen wir im nächsten Abschnitt schildern und hier nur die Veränderungen der Talstufen betrachten. Da die ausräumende Wirkung des Wassers mit zunehmendem Gefälle wesentlich verstärkt wird, so kann das im Wasserfall stürzende Wasser sehr beträchtliche geologische Wirkungen hervorrufen. Es unterwühlt durch

seine Stoßkraft und mit Hilfe mitgerissener Steine den Felsenriegel und durchnagt ihn in einer langen engen

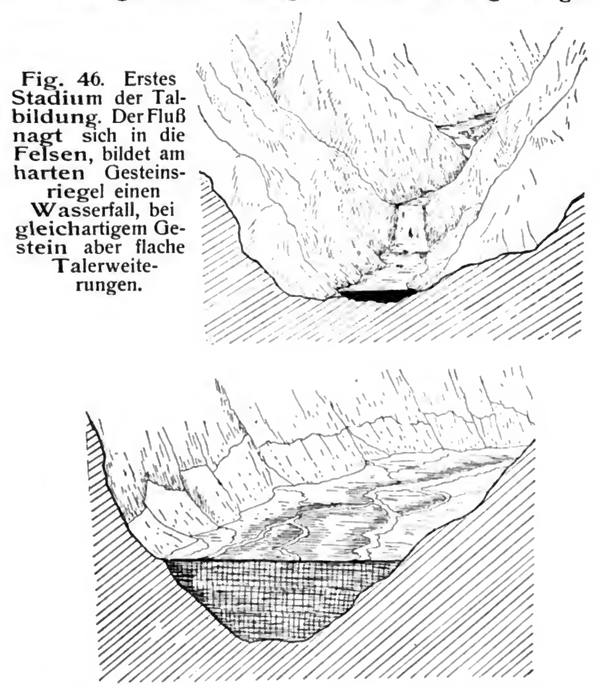


Fig. 46. Erstes Stadium der Talbildung. Der Fluß nagt sich in die Felsen, bildet am harten Gesteinsriegel einen Wasserfall, bei gleichartigem Gestein aber flache Talerweiterungen.

Fig. 47. Eine Talstrecke oberhalb eines härteren Felsenriegels, die allmählich mit Sand und Geröllen zugefüllt wurde.

Schlucht (Klamm, Cañon). Das berühmteste Beispiel für eine solche Schluchtenbildung ist der Niagara in Nord-

amerika. In weicheren Gesteinen aber entsteht eine weite Talrinne, deren Ufer als Flußterrassen bezeichnet werden.

Es ist klar, daß eine solche Terrasse um so höher liegt, je älter sie ist. Da zugleich die älteren Terrassen am längsten der späteren Abtragung unterworfen waren,

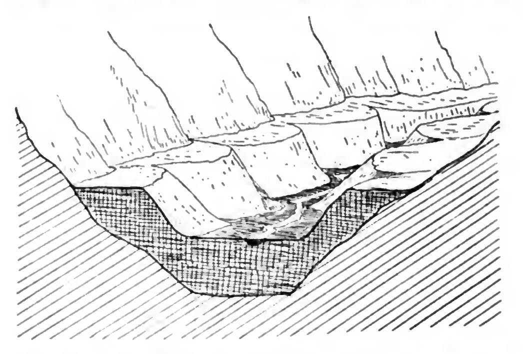


Fig. 48. Der Fluß hat den Felsenriegel als Wasserfall durchsägt und schneidet sich jetzt in die ehemalige Sandausfüllung wieder hinein. Es entstehen Terrassen auf beiden Talseiten, die ihrerseits durch Nebenbäche in einzelne Schutt-Konsolen zerlegt werden.

wird man im allgemeinen die ältesten Spuren einstiger Flußläufe nur in undeutlichen Resten an den höheren Gehängen der Talwände beobachten, während die jüngeren, tiefer liegenden Talstufen desto deutlicher zu erkennen sind.

So bezeichnend wie auf der Landkarte der Name eines Flusses ist, sind für den geologischen Beobachter die von dem Flusse mitgeführten Gerölle; denn sie ent-

halten, wie wir früher gesehen haben, eine ganze Musterkarte fast aller in seinem Quellgebiet anstehenden und verwitternden Gesteine.

Da fast jede Talstrecke aus einer anderen Gruppierung von Felsarten aufgebaut ist, deren Gerölle der Fluß talabwärts verfrachtet, so können wir aus der oberen Fundgrenze bestimmter Geröllarten einen Schluß ziehen auf die Verbreitung anstehender Felsarten der Flußufer.

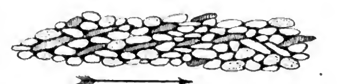


Fig. 49. Die Anordnung der scheibenförmigen Gerölle in einer Kieselablagerung zeigt sehr häufig (gestrichelt) eine flache, gegen die Strömung (Pfeil) des einstigen Flusses gerichtete Neigung. Man kann daraus die Richtung eines längst verschwundenen Wasserlaufes bestimmen.

Sobald man sich die Zusammensetzung der Gerölle an einem Flußufer klar gemacht und gelernt hat, sie auf anstehende Felsen im Oberlauf zurückzuführen, kann man an die Aufgabe herantreten, den ehemaligen Lauf dieses Flusses im Gelände zu verfolgen. Bisweilen wird uns diese Arbeit leicht gemacht, wenn sich deutlich erkennbare Flußterrassen an den Talwänden topographisch verfolgen lassen. Wir werden dann auf ihnen leicht die einstigen Kiesbänke des alten Flußbettes finden. Oft aber sind solche Gerölllager nachträglich verwaschen und nur in versteckten Winkeln (Fig. 50) an den höheren Berggehängen erhalten geblieben. Aber die gleiche Zusammensetzung der Gerölle wie in der heutigen Talsohle kann uns die Beweise liefern, daß es derselbe Fluß war, der damals vielleicht 50 m höher dahinströmte. Die einstige Flußrichtung läßt sich aus der Anordnung

scheibenförmiger Gerölle mit einiger Sicherheit erschließen; denn diese wurden, wie Fig. 49 erkennen läßt, etwas schräg einfallend gegen die Stromrichtung gestellt.

Wenn man so an den felsigen Abhängen des Tales bis auf die Höhen des von ihm durchschnittenen Berglandes (Fig. 48 u. 51) die alten Flußablagerungen verfolgt hat und daraus den Schluß zieht, daß sich der Fluß im

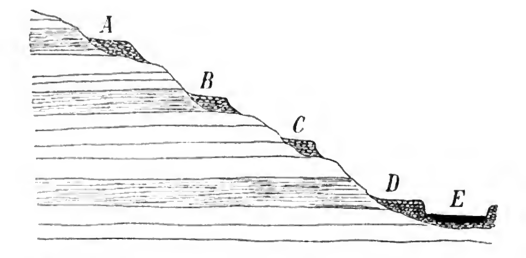


Fig. 50. Ablagerungen (Kiesterrassen) eines Flusses, der sich rhythmisch sein Bett vertiefte. Die älteste Flußterrasse liegt bei *A*, die jüngste bei *D*; sie wurde neuerdings vom Fluß wieder angeschnitten. Die Terrassen *A—D* entsprechen nicht dem inneren Schichtenbau des Geländes, sondern sind aufgeschüttet, die Terrassen zwischen *D* und *E* wurden abgetragen.

Laufe der Vergangenheit vielleicht 100 m tief in hartes Felsgestein hineingeschnitten hat, dann möchte man vermuten, daß der Fluß früher viel wasserreicher gewesen sei, und daß die von ihm geleistete, gewaltige Arbeit nur durch eine Steigerung seiner Stoßkraft erklärt werden könne. Aber ein solcher Schluß wäre vollkommen irrig. Denn wenn wir sorgfältig die jetzigen Veränderungen des Talsystems studieren, dann sehen wir zahllose Kräfte in Tätigkeit, die zwar klein und unscheinbar, doch im

Laufe langer Zeiträume riesige Wirkungen auszuüben vermögen. Vom Flußufer bis hinauf nach den höchsten Spitzen der benachbarten Berge ist überall physikalische, chemische und organische Verwitterung tätig. Wie wir früher gesehen haben, arbeitet diese unaufhaltsam an der Zerbröckelung und Zerklüftung des Felsgesteins. Unter dem Einfluß der Schwerkraft gleitet die vom Regen durchfeuchtete Schuttdecke beständig an den Bergabhängen herab. Wolkenbrüche, Erdbeben und Bergstürze beschleunigen diesen Vorgang. Er kann auch lokal zum Stillstand kommen; aber er setzt immer wieder ein, und so strömt im Laufe der Jahrhunderte und Jahrtausende von allen Bergen herab eine Unmenge von verwittertem und zerkleinertem Felsgestein bis zum Ufergebiet.

Wenn der sich selbst überlassene Fluß an seinen Ufern nagt, dann ergreift er das durch tausend kleine Rinnsale ihm zugeführte, zu Sand oder Schlamm zerbröckelte Gestein der Talwände. Die Flußrinne gleicht also einem Güterzuge ohne Ende, der beständig dem Meere entgegenrollt, und dessen Wagen in der Regel nur am Boden eine Steinlast tragen, während sie nach regenreichen Tagen bis zum Überlaufen mit Sand und Schlamm angefüllt sind.

Die Erosion des Flusses vertieft nicht nur die Talsohle, sondern erweitert gleichzeitig den ganzen Talraum. Wenn wir daher an den Abhängen der Berge noch Reste alter Kiesbetten finden, so legen sie Zeugnis davon ab, daß in jener Höhe einmal die tiefste Stelle des Flußbettes war, nicht, daß das ganze Tal gleichzeitig von fabelhaften Wasserfluten durchbraust wurde. Nur ausnahmsweise wird man solche Kiese als Zeugen großer



Wolkenbrüche oder ähnlicher seltener Naturereignisse betrachten dürfen.

Allein das Wechselspiel der geologischen Kräfte in einem Flußtal ist mit dem bisher Gesagten noch nicht erschöpft. Es kommt auch vor, daß sich so ungeheure Mengen von Verwitterungsschutt bilden, denen die

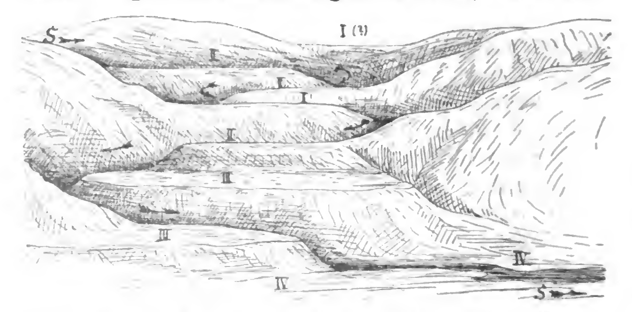


Fig. 51. Alte Flußterrassen im Gebiet der oberen Saale. Die Pfeile geben die Richtung des vielgewundenen Flusses an. Die dazwischen aufragenden Schieferberge zeigen von oben nach unten (*I*, *II*, *III*, *IV*) verschiedene Terrassen, welche erkennen lassen, wie der Fluß rhythmisch seine Talrinne einschnitt und vorübergehend eine einheitliche Talebene durchfloß.

Transportkraft des Flusses nicht gewachsen ist. Dann füllt sich der betreffende Talabschnitt mit Kies und Sand oft bis zu beträchtlicher Höhe auf (Fig. 47). Ja, es kann dahin kommen, daß der in der Ebene mündende Fluß so ungeheure Massen von Sand und Geröllen mit sich führt, daß er sein Bett über die Ebene baut. So fließen viele Flüßchen im oberen Rheintal und in der Poebene auf langen, selbstgebauten Dämmen dahin; Menschenhand unterstützt diesen Vorgang.

In einem folgenden Zustand der Dinge ändert sich vielleicht das Gefälle des Flusses, oder die Zuführung von Verwitterungsschutt wird geringer. Dann setzt seine einschneidende Tätigkeit aufs neue ein, und die vorher gebildeten Schuttmassen werden wieder abgetragen (Fig. 48).

Indem alle diese Vorgänge in mannigfaltiger Wechselwirkung neben- und nacheinander auftreten, entsteht das oft so verwickelte Bild der Talstufen und Geröllanhäufungen in der Sohle und an den Wänden der meisten Täler.

Aufgaben:

62. Bestimme die Höhe der Niederschläge an einem besonders regnerischen Tag, sodann an einem Tag mit langsamem Landregen (vergl. Fig. 6).

63. Man kann den Apparat (Fig. 6) auch benutzen, um die Verdunstungsgröße an einem warmen Sommertage zu bestimmen, indem man ihn, bis zu einer Marke mit Wasser gefüllt, den Sonnenstrahlen aussetzt und die fehlende Wassersäule in Millimetern mißt.

64. Bestimme die Menge des fallenden Regens nach längerer Trockenheit, wenn der Boden sehr ausgetrocknet ist, bis zu dem Zeitpunkt, wo sich die ersten dauernden Pfützen auf ebenem Boden bilden, um die Menge des in den Boden eindringenden Wassers zu messen.

65. Um zu bestimmen, welche Regenmenge vom trockenen Boden aufgenommen werden kann, fülle man ein großes Glasgefäß mit einer in Litern gemessenen Menge getrockneter Gartenerde, Torf oder Sand und leite durch ein bis zum Boden des Gefäßes reichendes Rohr (Glas oder Gummischlauch), auf dem man einen Trichter befestigt, Wasser in kleinen gemessenen (z. B. 1/10 Liter) Mengen; sobald das Wasser die oberste Schicht befeuchtet, höre man mit Nachgießen auf. Bestimme durch die Menge des verbrauchten Wassers die für verschiedene Bodenarten verschiedene Größe des sogenannten Porenvolumens.

66. Bestimme die Korngröße der vom Fluß verfrachteten Massen. Wiege 1 Kilo lufttrockenen Materials und lies zuerst die größeren Steinchen heraus, die gewogen werden. Siebe den Rückstand durch ein Sieb mit 2 mm Maschenweite oder einen Pappkasten, in dessen Boden man solche Löcher bohrt;



das darauf verbleibende grobsandige Material, der Kies, wird gewaschen (der Tongehalt des Waschwassers gewogen) und getrocknet gewogen. Indem du das durch das Sieb gegangene Material durch ein Sieb mit 1 mm Maschenweite gibst, kannst du den groben Sand von dem Feinsand trennen. Durch längeres Schütteln des letzteren in einer Wasserflasche werden die tonigen Bestandteile herausgewaschen, die man, zusammen mit dem beim Abwaschen der groben Elemente gewonnenen Tongehalt, getrocknet wiegt.

67. Reibe zwei verschieden gefärbte und verschieden harte Flußgerölle aneinander und betrachte das Reibepulver mit der Lupe. Es wird sich leicht feststellen lassen, daß die Menge des vom weichen Gestein abgeriebenen Pulvers größer ist (nach R. WAGNER).

68. Im Bett eines Wasserlaufes treten Gerölle eines bestimmten Gesteins nur bis dahin auf, wo die Oberkante desselben ansteht. Auf Grund dieser Tatsache kann man an bewaldeten oder bewachsenen Bergen leicht die Verbreitung leitender Gesteine oder Versteinerungen nachweisen (nach K. KOLESCH).

69. Vergleiche die durchschnittliche Größe der Gerölle von verschiedenen fließenden Gewässern. Im allgemeinen (Ausnahmen sind zu beachten und nach der Ursache zn forschen!) trägt ein Fluß um so größere Steine, je stärker sein Gefälle ist.

70. Bestimme das Gefälle eines Flusses. Miß die Länge des gewundenen Flußlaufs auf der Karte zwischen den Schnittpunkten verschiedener Isohypsen (vergl. Kap. 17) durch einen aufgelegten feuchten Faden.

71. Bestimme das Verhältnis der Länge des Wasserfadens zu dem geradlinigen Abstand zweier Orte, um die Stärke der Mäanderbildung auf verschiedenen Strecken zahlengemäß vergleichen zu können.

72. Zeichne das Längenprofil eines Flusses oder Baches, der durch Seen oder Teiche führt, indem du die Oberfläche des Wasserspiegels und darunter die durch Loten bestimmte Gestalt des Bodens einträgst.

73. Fülle die Steinstufen einer Treppe mit Lehm aus, so daß sie eine schiefe Ebene bilden und leite Wasser auf die geneigte Fläche. Das Wasser beginnt die Füllung zwischen den Stufen auszutiefen und bildet kleine Rinnsale, welche bald erkennen lassen, daß die verschiedene Härte der Gesteine leicht zur Entstehung von Geländestufen und Wasserfällen Anlaß gibt (nach MÜLLER).

74. Um ein Modell eines Flußlaufes herzustellen, bestimme seinen Querschnitt in regelmäßigen Abständen von 10 oder

20 m und schneide diese Querschnitte in Pappe aus. Die aufeinander folgenden Querschnitte werden sodann auf einem Brett durch Drähte in richtigem Verhältnis befestigt und ihre Unterseite durch schmale, aufgeklebte Bänder oder Schnuren verbunden.

75. Man wiederhole diese Arbeit in aufeinander folgenden Jahren, besonders wenn dazwischen Wolkenbrüche gefallen sind, um die Veränderung des Flußbetts zu bestimmen. Doch muß man darauf achten, die Maße bei gleich hohem Wasserstand zu nehmen.

76. Sammle alle, auch die nur vereinzelt vorkommenden Geröllarten in den Kiesen des jetzigen Flußufers und suche sie auf ihr anstehendes Ursprungsgebiet zurückzuführen. Vergleiche damit die Zusammensetzung von Geröllagern auf höheren Terrassen desselben Flusses.

77. Achte auf die Zahl von Kalkgeröllen in verschiedenen Abschnitten des Talsystems, da sie besonders leicht zerrieben werden und verschwinden (nach E. ZIMMERMANN).

78. Vergleiche Form und Größe der Gerölle derselben Felsart an verschiedenen Stellen des Flußlaufes (nach E. ZIMMERMANN).

79. Am Südrand der nordischen diluvialen Moränendecke ist es von hohem Wert zu entscheiden, ob eine Ablagerung durch das Binneneis oder durch einen alten Fluß gebildet wurde. Man achte im Gelände, ob auf lehmigem Boden oder in Lehmgruben neben einheimischen Geröllen auch Stücke von rotem Granit und braunem, weiß umrindetem Feuerstein liegen. Die letzteren sind meist ein Hinweis auf nordische Herkunft.

Sodann entnehme man dem Lehmboden in 20 cm Tiefe eine Probe von etwa 100 g, schlämme sie in einer Schüssel so lange, bis sich das Wasser nicht mehr trübt. Den getrockneten Rückstand siebe man durch feine Siebe mit 0,5, 1, 2, 3 mm Maschenweite. Enthält der feinste Rückstand vorwiegend Sand nebst Splittern von Feuerstein, weißen Mooskorallen (kleine Ästchen mit gitterförmig verteilten runden Löchern), rotem Granit und Feldspat, dann darf man die Lehmablagerung als eine Moränenbildung des nordischen Inlandeises bezeichnen.

Sind solche Ablagerungen außerhalb der heutigen Talfurche durch die Schmelzwasser der Eiszeit schon ausgeschlämmt, dann erscheinen sie tonarm. Besteht der Schlämmrückstand vorwiegend aus einheimischen Felsarten, wie sie der benachbarte Fluß führt, dann handelt es sich um eine ehemalige Flußablagerung (nach R. WAGNER).

80. Zur Verdeutlichung der ausräumenden Tätigkeit eines Flusses dient folgender Apparat (Fig. 52): Auf einem hohlen Kasten, der vorn eine Öffnung hat, sind durch vier mit Nuten

versehene Pfosten vier Glastafeln befestigt. Im Boden befinden sich von vorn bis zur Mitte eine Reihe 5 mm breiter Löcher in Abständen von 1 cm, am besten in einer flachen Rinne (Querschnitt s. Fig. 53). Ein Loch in der Mitte des

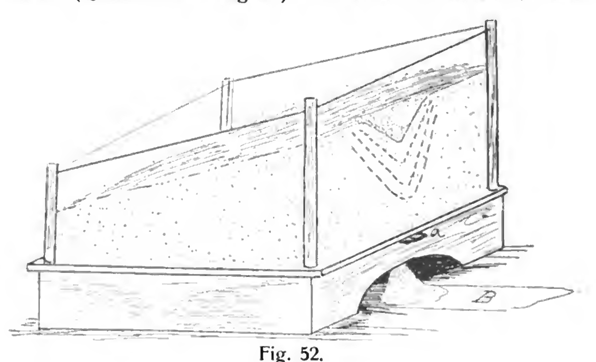


Fig. 52.

Bodens kann 1 cm groß sein. Unter der durchlöcherten Rinne läßt sich eine Holzleiste (Fig. 54) verschieben, die am Vorderende einen 1 mm breiten Spalt von 5 cm Länge hat (*a*) und außerdem in ihrer Mitte ein 1 cm breites Loch zeigt, das genau unter das zentrale Loch im Boden des Glaskastens paßt, wenn der vordere Spalt nach vorn aus dem Kasten herausragt.

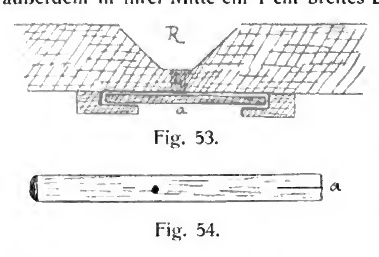


Fig. 53.

Fig. 54.

81. Man schüttet den ganzen Kasten voll gut gesiebten Sandes und zieht langsam die untere Leiste zurück, nachdem man mit einem Tintenstrich die Höhe des Sandes an der vorderen Glaswand bezeichnet hat. Anfangs rinnt nur wenig Sand durch den Spalt, sobald sich aber die Löcher im Boden nacheinander öffnen, entsteht oben eine allmählich tiefer und breiter wer-

dende Talrinne, deren Querschnitt immer wieder mit Tinte bezeichnet wird. Einen breiten Pappstreifen (*B*), auf welchen der Sand hinabrinnt, zieht man langsam nach vorn und kann durch ihn die ausräumende Tätigkeit eines fließenden Gewässers versinnbildlichen. Indem man neben der mittleren Leiste noch zwei seitlich abzweigende Leisten unter Löcherreihen anbringt, kann man leicht zeigen, wie sich ein Haupttal in Nebentäler zerlegt.

82. Schüttet man einen kegelförmigen Haufen gesiebten Sandes in die Mitte des Kastens und öffnet das mittlere Loch durch Verschieben der Leiste, dann rinnt der Sand hinab, und es bildet sich ein kraterähnlicher Sandhaufen, der zur Verdeutlichung eines Kraters oder (mit einer Glasplatte überdeckt, auf die man einen flachen Sandring aufstreut) zur Darstellung eines ringförmigen Atolls dienen kann. Der geschilderte Sandkasten (Fig. 52, 53, 54) kann von jedem Tischler leicht gefertigt (oder von Herrn Tischler KEMMLER in Jena zum Preise von 7 M. ohne Glas bezogen) werden.

83. Veranstalte aus geringer Entfernung photographische Aufnahmen:

a) bei sehr niederem Wasserstand von der Verteilung der Gerölle oder Blöcke auf der Sohle deines heimatlichen Wasserlaufes;
b) von steilen Uferstellen;
c) von den Stirnlinien der beiderseitigen Böschungen von Runsen (d. h. Trockenbetten), die nur nach heftigem Regen oder bei Schneeschmelze Wasser führen, im übrigen durch die Verwitterung weiter ausgetieft werden;
d) von Schutthalden oder sonstigen geröllreichen Abhängen.

Stelle dabei die Camera auf anstehendes Gestein, oder einen Baumstumpf, oder aber vermarke ihren Standort genau, z. B. durch einen eingeschlagenen Pfahl oder eingegrabenen Stein, oder miß ihn gegen mindestens drei benachbarte feste Punkte ein. Miß ferner die jedesmalige Höhe des Objektives über dem Standort; endlich in Millimetern die Bildweite a, den Abstand der Mattscheibe von der Objektivmitte (nach KAHLE).

84. Wiederhole ein Jahr später die Aufnahmen mit dem gleichen Apparat, auf dem gleichen Standort und bei gleicher Objektivhöhe. Stelle dann durch sorgfältigste Abgreifungen mit dem Zirkel oder mit Millimetermaßstab und Lupe in den verschiedenjährigen Bildern fest, welche Veränderungen in der Lage neben- und übereinander bei auffälligen Gegenständen etwa eingetreten sind. Ist a die gemessene Bildweite, v eine im Bilde in der Wagrechten oder Senkrechten gemessene Ver-



schiebung zweier annähernd gleich weit entfernter Punkte, A deren in Metern gemessener Abstand vom Objektiv, so kann man die der Bildveränderung entsprechende natürliche Veränderung V nach der Formel $V = v \frac{A}{a}$ schätzungsweise berechnen. Z. B. a = 0,21 m, A = 10,5 m, v = 1,8 mm; $V = \frac{10,5}{0,21} \cdot 1,8 = 9$ cm oder die beiden Punkte haben ihren Abstand um ungefähr ein Zehntel Meter geändert (nach P. KAHLE).

85. Wenn du photographische Aufnahmen nicht veranstalten kannst, so skizziere die Lage einzelner, mutmaßlich Veränderungen ausgesetzten Punkte der Stirnlinien von Steilufern gegen rückliegende Bäume oder standfeste Steine mit Zollstock oder Bandmaß; bisweilen finden sich im Verlauf einer Runse mehrfach gegenüberstehende Bäume, auf deren mit Schnur vermarkter Verbindungslinie die Messungen gemacht werden können. Wiederhole diese Messungen im nächsten Jahre (nach P. KAHLE).

86. Spanne im Windungsgebiet eines Baches zwischen zwei um 50 m und mehr voneinander entfernte Bäume eine Schnur und miß ihre Schnitte mit den Stirnlinien der Uferböschungen ein. Wiederhole nach einem Jahre die Messung (nach P. KAHLE).

87. Verfolge, in welcher Weise die kleinen Sandrippen auf dem Boden des Bachbettes sich flußabwärts verschieben. Zeichne ihre Richtung und Anordnung an demselben Bachufer (Fig. 22) zu wiederholten Malen (nach P. KAHLE).

10. Die stehenden Gewässer.

Viele Bäche und Flüsse erweitern sich in ihrem Laufe zu Teichen oder Seen, die entweder in nächster Nähe der Quelle oder im Mittel- und Unterlauf des Flusses auftreten, und durch Zufluß und Abfluß mit ihnen verbunden sind; nur in einzelnen Fällen fehlt die oberflächliche Verbindung mit fließendem Wasser, doch läßt sich dann leicht ein Zusammenhang mit unterirdischen Grundwasserströmen nachweisen.

In den Wüsten und Halbwüsten haben die Seen eine andere Bedeutung; sie stellen hier die großen Ver-

dampfungsbecken dar, in denen die Flüsse verdunsten, ohne das Meer zu erreichen. Der Kaspi- und Aralsee, das Tote Meer und der Große Salzsee in Nordamerika sind bekannte Beispiele. Die in dem verdampfenden Wasser gelösten Salze reichern sich in solchen Becken immer mehr an (Salzseen).

Mannigfaltig, wie die Form und Größe der Seen, ist die Entstehungsweise der Senken, welche den Seeboden bilden. Wir haben schon S. 98 geschildert, wie ein Fluß

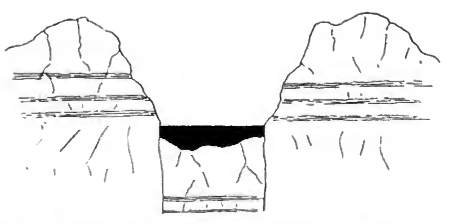


Fig. 55. Entstehung eines Seebeckens (schwarz) durch Senkung eines Stückes Erdrinde (Graben) zwischen zwei stehenbleibenden Gebirgspfeilern.

zu einem vorübergehenden See abgedämmt werden kann, wenn ein Bergsturz das Tal versperrt oder ein Felsenriegel emporgehoben wird. Viele Seen am Rande der Alpen sind durch die Gletscher der Eiszeit in lockerem Schutte ausgeräumt worden; andere wurden durch die am Schluß der großen Gletscherperiode entstehenden Schmelzwasser ausgekolkt. Der Königsee und ähnliche, von steilwandigen Felsenufern umgebene Wasserbecken sind durch Senkung großer Erdrindenstücke entstanden (Fig. 55); manche kleinere Seen wurden durch Erdfälle gebildet und die Entstehungsweise der



wunderbaren Kraterseen oder Maare soll uns noch beschäftigen.

Unter allen geographischen Landschaftsformen sind die Seen am veränderlichsten und vergänglichsten. In der Entwicklungsgeschichte der größeren Gebirge ist die Bildung von Seen ein ganz bezeichnendes Stadium, und wenn das Gebirge altert, dann verschwinden Schritt für Schritt diese Wasserbecken.

Die Vergänglichkeit der Seen wird meist verursacht durch ihre Ausfüllung mit Schuttmassen. Die Gerölle und Sande im Ober- und Mittellauf der Flüsse werden vom Hochwasser nur abgelagert, damit sie ein späteres Hochwasser weiterträgt, aber in den Seebecken kommen sie für lange Zeit zur Ruhe. Langsam schiebt der Fluß einen dreieckigen Schuttkegel (das Delta) in den See herein und verengt sein Becken. Strömt der Fluß in der Längsrichtung eines Sees, dann wird dieser verkürzt (Rhône—Genfersee, Rhein—Bodensee). Mündet aber der Fluß in der Breitseite, dann kann sein Delta den vorher einheitlichen See in zwei Becken zerlegen (Lütschine—Brienzer- und Thunersee).

Der Strom trägt Sand und Schlamm bis in die Seemitte und breitet sie in horizontalen Schichten über den Seeboden aus. Dabei vermindert sich die Tiefe und der Wasserinhalt des Sees; durch Berechnung der vom Fluß bei Hochwasser mitgeführten Menge von Kies, Sand und Schlamm kann man feststellen, wieviel Hochwassertage nötig sind, um das ganze Seebecken zuzufüllen.

Aber auch die Lebewesen beteiligen sich an der Zufüllung der Seen. Tausende von Schnecken und Muscheln beleben das Wasser, ihre toten Schalen zerfallen

schließlich in eine kreideartige Kalkmasse, die unter dem Namen Seekreide bekannt ist; die Form der Schalen wird hierbei vollkommen zerstört.

Viel bedeutungsvoller aber ist die Beteiligung von Pflanzen an der Zufüllung eines Sees. Schilf, Moose, Armleuchtergewächse und schließlich Haide und Strauchwerk wachsen vom Ufer her nach dem See herein. Unter der Wasserdecke zerfällt die Pflanzensubstanz, und es entsteht eine braune Masse, die man als Torf be-

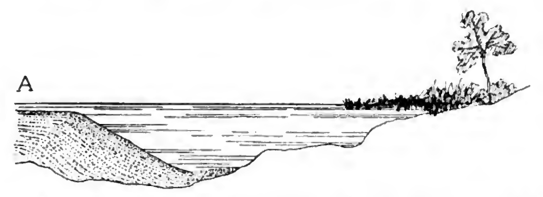


Fig. 56. Zufüllung eines Sees, in den bei A ein Fluß mündet, durch einen sandigen Deltakegel (mit Deltaschichtung). Von rechts wächst eine schwimmende Rasendecke in den See hinein, die entweder losgerissen als schwimmende Insel eine Zeit umhertreibt oder untersinkt, und den Seeboden mit schwarzem Schlamm erhöhen wird.

zeichnet. Gelegentlich bildet sich auf der Oberfläche des Sees eine schwimmende Pfanzendecke, die bei Sturm in eine schwimmende Insel verwandelt (Hautsee bei Eisenach), endlich untersinkt. Auch der Fluß trägt abgestorbene Pflanzensubstanz herbei und vermehrt die Menge des Humus. So vertorft der See und wird, wie viele sogenannte „Moose“ auf der bayrischen Hochebene zeigen, in eine weite, sumpfige Fläche verwandelt.

Auch chemische Niederschläge helfen, ein Becken stehenden Wassers zu füllen. Unter der Rasendecke



sumpfiger Wiesen, in Abzugsgräben und flachen Tümpeln, deren Wände aus gelbem, eisenhaltigem Lehm bestehen, lösen die von lebenden und verwesenden Pflanzen gebildeten schwachen (Humus-)Säuren einen Teil der im Lehm enthaltenen Eisenverbindungen auf. Die Eisenlösung sickert weiter, und wenn die Humussäure durch Zutritt von Sauerstoff zu dem stagnierenden Wasser in Kohlensäure verwandelt wird, fällt die gelöste Eisenerde aus. Die Oberfläche des Wassers bedeckt sich mit einer äußerst zarten, regenbogenfarben schillernden Haut, welche sich verdickt, gelb oder braun färbt und in Flocken zu Boden sinkt. So bilden sich im Laufe der Jahre beträchtliche Mengen von sogenanntem Sumpferz oder Raseneisenstein.

Aufgaben:

88. Die Bildung eines Erdfalles kann man leicht nachahmen, wenn man ein Säckchen voll Kochsalz (= Steinsalzlager) zwischen Erdschichten in einen Kasten mit durchlöchertem Boden einbettet und denselben vorsichtig mit der Gießkanne befeuchtet. Während das Salz gelöst wird, sinkt die darüber befindliche Erdschicht trichterförmig hinab.

89. Miß die Fläche eines Teiches oder Sees mit Hilfe der Flurkarte. Pause den Umriß durch, zerlege die Fläche in ein Netz von Quadraten mit 1 cm Seitenlänge, schätze die auf das Ufergebiet fallenden Stücke und bringe sie in Abzug; multipliziere die so gefundene Zahl mit dem Quadrat der Zahl des Kartenmaßstabes (vergl. Kap. 17).

90. Die Flächen stehender Gewässer von unregelmäßiger Form kann man, wenn sie nicht auf den staatlichen Vermessungsämtern zu erhalten sind, auch in folgender Weise ermitteln: Man schneide ein Stück starkes Pauspapier genau rechtwinklig zu, so daß man nach Messung der Seitenlängen (bis auf Bruchteile der Millimeter) die Fläche des Rechteckes leicht berechnen kann. Auf dieses paust man die auf dem Meßtischblatt oder der Flurkarte dargestellte unregelmäßige Fläche durch und schneidet sie aus. Dann läßt man beide Teile einzeln und zusammen in der Apotheke abwiegen (bis auf Bruchteile von Milligrammen). Multipliziert man das Verhältnis der Gewichte

vom Ausschnitt und ganzen Rechteck mit der Fläche des letzteren, so ergibt sich die Fläche des Ausschnittes in Quadratmillimeter und aus dieser entsprechend dem Maßstab der Karte die Fläche in Quadratmeter. (Nach P. KAHLE.)

91. Der Rauminhalt eines Sees wird am einfachsten berechnet, indem man seine mittlere Tiefe mit der Fläche multipliziert.

92. Untersuche die Beschaffenheit des Seebodens, indem du längs einer über den See gespannten Schnur (s. o. Aufgabe 38) die Tiefe mißt. Das zum Beschweren der Leine dienende Gewicht (Lot) soll auf der Unterseite eine flache Vertiefung haben die man bei jedesmaligem Loten mit Talg ausstreicht. Daran klebt leicht die sog. Grundprobe an; ihre Korngröße (Kies, Sand, Schlamm) Farbe, Pflanzenreichtum sind auf der Bodenkarte des Sees einzutragen.

93. Bestimme die an einem Hochwassertag durch einen Bach oder Fluß in einen Teich oder See getragenen Sedimente und ziehe die Menge des Schlammes, die der ausfließende Fluß weiterträgt, ab. Berechne den Rauminhalt des Sees und bestimme, wieviel Hochwassertage nötig sind, um den See ganz auszufüllen.

94. Eine zu vielen Beobachtungen anregende Schilderung der Erscheinungen eines Hochmoors findet sich bei WAHNSCHAFFE, Das Gifhorner Hochmoor. Naturw. Wochenschrift. 1904. S. 785.

11. Am Meeresufer.

Wenn das schlammige Süßwasser an der Mündung eines größeren Flusses mit dem salzigen Meerwasser in Berührung kommt, mischen sich beide Flüssigkeiten, und das so entstehende Brackwasser zeigt große Verschiedenheiten des Salzgehaltes. Von der normalen Salzmenge des Meeres, die 3,5 % beträgt, bis zu reinem Süßwasser treten alle Übergänge auf, und diese Mischungen sind durch Strömung, Windstau und Wellengang häufigem Wechsel unterworfen. Nur wenige Tier- und Pflanzenformen leben in diesen Übergangsgebieten, erst in der Tiefe, wo das schwerere Salzwasser sich sammelt, kommen echte Meeresformen vor.



Im Brackwassergebiete fallen alle Schlammteilchen rasch zu Boden, bilden schlammige Untiefen, Inseln und Sandbänke. Infolgedessen zieht sich um jede Küste ein viele Meilen breites Band, dessen Boden bedeckt ist mit den vom Festland stammenden Zerstörungsprodukten der verwitterten Gesteine, die bis in die eigentlichen, tiefen Ozeanbecken nicht gelangen.

Am Ufer des Meeres wenden wir zuerst unsere Aufmerksamkeit der Grenzlinie zu, in welcher der Meeresspiegel das Festland berührt. Früher glaubte man, daß diese Linie unverrückbar fest liege, und bezog alle festländischen Höhenmessungen auf den „Spiegel des Meeres". Später hat man eingesehen, daß derselbe an verschiedenen Küsten verschieden hoch steht. Deshalb rechnet man jetzt die Höhen von einer idealen, mit Normalnull (NN.) bezeichneten Fläche ab, die genau 37 m unter einer an der Berliner Sternwarte angebrachten Höhenmarke (dem sog. Normalhöhenpunkt) gedacht ist und annähernd der Lage des Mittelwassers der deutschen Meere entspricht. Auf jedem Bahnhof lesen wir, um wieviel der Scheitelpunkt eines daselbst eingelassenen Bolzens über NN. (Normalnull) liegt.

Sobald man längere Zeit an der Küste eines halb abgeschlossenen Nebenmeeres, wie die Ostsee, den Wasserstand beobachtet, kann man leicht verfolgen, wodurch der Wasserstand beeinflußt wird. Wenn lang andauernde Ostwinde wehen, dann steigt der Wasserspiegel an der holsteinischen Küste; westliche Winde stauen das Wasser nach der finnisch-russischen Seite; sobald im Quellgebiet der Oder und Weichsel die Schneeschmelze eintritt, steigt der Ostseespiegel ebenfalls.

An der Ozeanküste tritt noch eine andere Erscheinung hinzu, die auf der anziehenden Kraft von Mond und Sonne beruht. Unter dem Zenit dieser beiden Himmelskörper bildet sich ein flacher Wasserberg, der unter dem Gestirn die Erde umkreist und, wenn er eine Küste berührt, den Wasserspiegel hebt. Wir nennen dieses Ansteigen: die Flut, und die nach 6 Stunden eintretende Verflachung des Meeresspiegels: die Ebbe. Das Wechselspiel von Flut und Ebbe nennt man: die Gezeiten.

An den deutschen Nordseeküsten beträgt der Gezeitenunterschied 1—2 m, an den Küsten der Bretagne steigt die Flut bis 15 m über die Ebbe.

Bei diesen periodischen Schwankungen des Meeresspiegels wird ein Landstreifen täglich zweimal trocken gelegt, den man als die Schorre bezeichnet. Bei flachem Strand wird die Schorre breit, an senkrechtem Felsen aber kann man den Abstand zwischen Ebbe und Flut (Gezeitenunterschied) direkt messen.

Am Felsenstrand von Helgoland lassen sich leicht sehr mannigfaltige Beobachtungen anstellen. Um die Südküste der Insel zieht bei tiefer Ebbe eine breite, mit Wäldern von Bändertang (Laminaria) bewachsene Klippenzone; die Wogen des Meeres haben in tausendjähriger Arbeit Höhlen und Felsenpfeiler gebildet und Tausende von Kubikmetern des roten Gesteins entfernt. Wenn bei stürmischem Wetter die Wellenkämme von der offenen See heranziehen, dann steigert sich ihre Höhe und Kraft, sobald sie das seichte Ufergebiet erreichen; die Welle brandet und entfaltet dabei eine ungeheuere Gewalt. Das salzige Seewasser wirkt zuerst als chemisches Lösungsmittel und zerbröckelt das Felsgestein, der

heftige Wogenprall reißt dann die gelockerten Bruchstücke ab. Diese wirft die brandende Flut wie Geschosse gegen die Felsenwand und gräbt mit ihnen eine tiefe Rinne (S t r a n d l i n i e) oder eine Kette von Höhlen in den Felsen hinein.

Die Tätigkeit der Brandung wird durch die in ihr



Fig. 57. Wirkung der brandenden Meereswelle an einer felsigen Steilküste. Die durch Spaltenfrost und Verwitterung gelösten Felsblöcke werden von hohen Sturzwellen abgerissen und gegeneinander gerollt. Hierbei verlieren sie Ecken und Kanten, werden immer kleiner und runder, und indem sie meerwärts gerollt werden, verwandelt sich ihre Masse in ein Gemisch von Steinchen, Sand und Schlamm, das die Meereswellen weiter schlämmen und sortieren.

lebenden Organismen noch unterstützt. Bohrmuscheln, grabende Würmer und Algen wühlen sich in die Felsen hinein, Tange (Laminaria) klammern sich auf ihnen fest und brechen bei Sturm feste Felsenklippen vom Grunde ab; wo aber der dichte Behang des grünschwarzen Blasentanges (Fucus) die Felsen bekleidet, da scheinen sie geschützt gegen die Kraft der Wogen.

An der Küste von Rügen, zwischen Saßnitz und

Stubbenkammer sehen wir die Brandung auf die weiche Schreibkreide einwirken. Diese wird durchzogen von schwarzen Reihen nuß- bis kopfgroßer Knollen von Feuerstein, über der Kreide aber lagert die lehmige, mit erratischen Blöcken gespickte Grundmoräne der großen Eiszeit. Beide Gesteine werden von den Wellen leicht zerrieben, und nach jedem Sturm trübt sich das Küstenwasser durch Lehm- und Kreideschlamm. Die Feuersteinknollen und erratischen Blöcke aber bleiben zurück und bilden den Kiesstrand, der den Fuß der Felsen bedeckt (Fig. 57).

Große Strecken der deutschen Küsten werden von einem Sandstrand eingenommen. Der gelbe Quarzsand entstand zum größten Teil durch Auswaschen des sandigen Geschiebelehms, den die Eiszeit zurückließ. Die tonigen Bestandteile dieses Moränengesteins wurden nach dem offenen Meere hinaus gewaschen, im Seichtwasser und am Ufer blieb der ausgewaschene Quarzsand zurück. Auch andere spezifisch schwerere Bestandteile des Sediments (Granat, Magneteisen) können sich örtlich zu ganzen Lagern anreichern.

Das Spiel der Wellen bedeckt den Sand mit parallelen Rippen (Wellenfurchen Fig. 22), stärkere Wogen aber werfen ihn ans Ufer, und wenn der Sturm sich gelegt hat, dann trocknet der Wind die sandige Fläche. Die Sandkörner werden beweglich und rollen landeinwärts. An Unebenheiten des Bodens bilden sich flache Sandhaufen, die bei jedem Sturm wachsen, seitlich miteinander verschmelzen und allmählich zu einer Kette flacher Sandberge werden. Die Oberfläche dieser sogenannten Dünen zeigt häufig ähnliche Wellenfurchen, wie der sandige Grund nahe der Küste, aber hier hat sie der Wind gebildet, und in



verhärteten Dünengebieten bedecken sie oftmals große Flächen der Sandsteinbänke (vergl. Fig. 22).

Die Entstehung einer solchen Sandanhäufung läßt sich besonders gut in den Sandflächen der Wüste verfolgen, wo man sieht, wie der anfangs unregelmäßige flache Sandhaufen bald die Gestalt eines flachen Schildes annimmt, an dessen, dem Winde abgekehrter Seite zwei kurze Arme herauswachsen. Die schildförmige Urdüne erhält dadurch einen herzförmigen Umriß, und indem sie höher und breiter wird, entsteht das Bild eines dem Winde zugekehrten Pferdehufes, die Bogen- oder Sicheldüne. An den deutschen

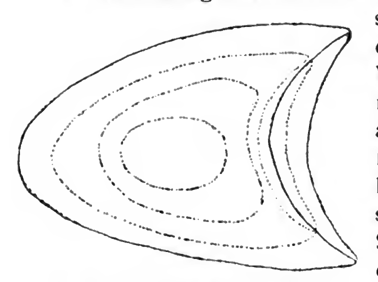


Fig. 58. Grundriß der allmählichen Umbildung eines unregelmäßig-rundlichen Sandhaufens durch einen von links kommenden sandführenden Wind zur herzförmigen Urdüne und der pferdehufähnlichen Bogendüne (Sicheldüne).



Fig. 59. Längsschnitt durch dieselbe Düne, um die Umbildung des Dünenrückens zu zeigen.

Küstendünen läßt sich nicht selten noch erkennen, wie einzelne Dünenstrecken den Charakter von flachen Bogen zeigen, die mit dem Winde (an der Luvseite) sanft an-

steigen, in der dem Winde abgekehrten Leeseite mit steiler Böschung abfallen (Fig. 58, 59).

Oft sieht man alte Dünengebiete durch die Brandung oder heftige Stürme wieder angeschnitten und erkennt dabei, wie mannigfaltig die Formen der Sandschüttung waren, und wie verschiedenartige Schichten innerhalb einer Düne auftreten.

Sobald eine Düne zu beträchtlicher Höhe angewachsen ist, beginnt sie zu wandern. Der Wind trägt den Sand von der Luvseite ab, um ihn im Lee (Windschatten) wieder fallen zu lassen. Dadurch verschiebt sich der Dünenkamm nach vorn, der Sandberg schreitet über Moor- und Wiesenboden, über Wälder und Ortschaften hinweg. Nur, wenn sich seine Oberfläche mit dem dichten Wurzelfilz von Sandhafer oder anderen Dünenpflanzen überzieht, kommt die wandernde Düne zur Ruhe. Durch eingeschlagene Pfähle oder markierte Baumstämme läst sich das Vorrücken der Düne leicht messen und der Zeitpunkt berechnen, in dem sie eine bestimmte Entfernung zurücklegen wird.

Eine besondere Abart der Dünen sind die Nehrungen, d. h. lange Dünenzüge, welche eine Bucht der Küste (Haff) geradlinig vom offenen Meere trennen. Wenn eine eingebuchtete Küste während des größeren Teiles des Jahres von Winden bestrichen wird, welche nicht senkrecht, sondern schräg auf die Küste treffen, dann laufen die von ihnen erzeugten Wellen in der Windrichtung am Ufer empor, und das abfließende Wasser rinnt natürlich auf dem kürzesten Wege zum Meere zurück. Ein vom Wasser getragenes Sandkorn wandert infolgedessen auf beständigen Zickzackwegen an der



Küste entlang auf und ab. Diese Erscheinung (die W a n d e r s ä n d e) äußert sich an der Ostseeküste darin, daß ein langsamer Sandstrom von Stralsund in der Richtung nach Memel entlang wandert und an jeder Bucht bestrebt ist, eine nach NO gerichtete, sandige Verlängerung

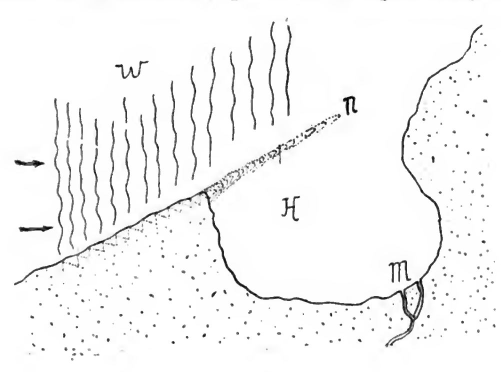


Fig. 60. Abschluß einer Meeresbucht (*H*), in die bei *M* ein Fluß mündet, durch eine langsam wachsende sandige Nehrung (*N*). Die Pfeile geben die vorherrschende Windrichtung, die gebogenen Linien bei *W* die Richtung der Meereswellen an, während eine kleine punktierte Zickzacklinie den Weg zeigt, den die am Ufer auflaufenden Sandkörner zurücklegen müssen, damit sie den einstigen Haken der Bucht in die sandige Nehrung verlängern.

der südwestlichen Buchtecke zu bilden. So wurde die Oder-, Weichsel- und Memelbucht bis auf einen engen Durchlaß durch Sandbänke abgeschnitten, diese verwandelten sich in eine Dünenkette, die das süße Wasser des Haffs von der Salzflut des Meeres trennt. Die bis 50 m hohen Dünen der kurischen Nehrung sprechen



dafür, daß hier dieser Vorgang sehr frühzeitig einsetzte, während die Halbinsel Hela eine noch nicht vollendete Nehrung darstellt; sie wird dereinst das frische Haff durch eine zweite Dünenkette vom Meere abschließen.

Im Schutze hoher Dünenzüge, im Mündungsgebiet der Flüsse und innerhalb der Haffe ist die offene Küste als Schlammstrand entwickelt. Da hier die Kraft der Welle nicht hinreicht, um den Sand von schlammigen Bestandteilen zu reinigen, ist das Ufer von zähem, mit Pflanzenmoder durchsetztem, dunklem Schlick bedeckt (Wattenmeer). Bei Ebbe treten weite, schlammige Flächen aus einem Netzwerk vielverschlungener, tieferer Kanäle hervor; während der Flut ragen nur einzelne Halligen über den Wasserspiegel.

Aufgaben:

95. Fülle in zwei verschließbare Glasflaschen trübes Lehmwasser und setze der einen Flasche eine kleine Messerspitze Salz zu, schüttle beide Flaschen und laß sie dann ruhig stehen Während das schlammige Süßwasser mehrere Tage braucht, bis es vollkommen geklärt ist, wird der Schlamm in dem Salzwasser schon nach einer Stunde in dicken Flocken zu Boden gesunken sein.

96. Um den Salzgehalt des Wassers an verschiedenen Stellen im Mündungsgebiet eines Flusses zu bestimmen, braucht man ein Aräometer, d. h. einen zugeschmolzenen, unten und oben verschlossenen zugespitzten Blechzylinder (Fig. 61), der oben in einen kleinen Teller ausläuft, unten eine kegelförmige Schale trägt. Vor der Benutzung muß man ihn tarieren, d. h. durch Versuche feststellen, wie tief er in eine Flüssigkeit von bestimmtem Salzgehalt einsinkt. Man mische also eine 3,5-proz. Salzlösung (besser noch, man benutzt normal gesalzenes Seewasser von einer flußarmen Küstenstrecke) und bezeichne durch eine mit der Feile eingeritzte Marke, wie tief der obere Stab eintaucht. Wenn man mit Lösungen von 3-, 2,5-, 2-, 1,5- und 1-proz. Salzgehalt weitere Marken eingetragen hat, kann man den Salzgehalt einer beliebig entnommenen Wasserprobe bestimmen. Um Wasser aus einer bestimmten Tiefe zu entnehmen, benutze man die Fig. 62 dargestellte Schöpfflasche.



97. Bestimme den Wasserstand an einer ins Meer ragenden Mauer (Buhne) oder einem Pfahl, nach längerem West- oder Ost-, Nord- oder Südwind.

98. Bestimme den Gezeitenunterschied zur Zeit der verschiedenen Mondphasen und die Breite der Schorre an verschiedenen steilen Küstenstrecken.

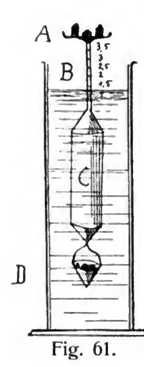


Fig. 61.

Fig. 61. Aräometer zur Bestimmung des Salzgehaltes (Schwere) einer Seewasserprobe. *A* Schale zur Aufnahme kleiner Gewichte (Schrotkörner). *B* Fortsatz durch Querstriche in Abschnitte eingeteilt. *C* Hohler Blechzylinder, *D* kleiner Blechkorb zur Aufnahme des Ballastes, mit Hilfe dessen man die Marke *O* einstellt.

Fig. 62. Schöpfflasche zur Gewinnung von Tiefenwasser. Sie ist umschnürt mit einem Strick, der nach unten ein eisernes Gewicht (an der Unterseite ausgehöhlt zur Aufnahme der Grundprobe) trägt, während er nach oben an einem Seitenzweig mit dem Pfropfen fest verbunden ist. Nachdem die Flasche in die gewünschte Tiefe hinabgelassen worden ist, ruckt man kräftig an der Leine; der Pfropfen fliegt heraus, die Flasche füllt sich mit Seewasser; beim Heraufziehen bleibt unterhalb des Halses das Tiefenwasser unvermischt.

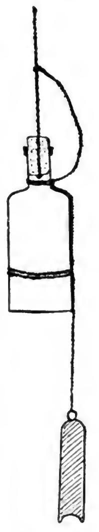


Fig. 62.

99. Bestimme die Menge von Kreideschlamm, die in einem Liter Ostseewasser bei Rügen nach einem Sturm enthalten ist, durch Verdampfen, Waschen des salzigen Rückstandes in destilliertem Wasser, abermaliges Verdampfen und Wiegen des Filterrückstandes.

100. Beobachte am Felsenstrand die Form der Gerölle, sie mit Flußgeröllen vergleichend, und beachte die bei ihrem gegenseitigen Aneinanderstoßen in der Brandung entstandenen Stoßmarken (nach E. Zimmermann).

101. Zeichne Richtung, Querschnitt und Verlauf der unter Wasser entstandenen Wellenfurchen und vergleiche ihre Form an derselben Stelle, nachdem ein Windwechsel eingetreten ist.

102. Zeichne Richtung, Querschnitt und Verlauf der auf Dünen entstandenen Wellenfurchen unter denselben Umständen.

103. Zeichne und miß die Grundfläche und den Aufriß (Profil) von frisch gebildeten Sandanhäufungen da, wo die Düne gegen Kulturland vordringt. Verfolge ihre späteren Veränderungen.

104. Zeichne den inneren Aufbau von angefressenen Dünen und suche darüber klar zu werden, welche äußere Gestalt der betreffende Dünenabschnitt bei seiner Bildung besaß.

105. Bestimme die Bewegung des Wandersandes, indem du über einen markierten Teil der Küste charakteristische Schlacke ausstreust und nach einem Jahr deren Lage aufsuchst.

12. Die Gebirge und Berge.

Beim Betrachten einer Landkarte oder eines Gebirgslandes sehen wir zwischen den Wasserläufen ein System von mehr oder weniger hohen Bergzügen, mit flachen oder steilen Böschungen, mit rundlichem oder zackigem Kamm. Diese Berge sind oft zu Gruppen oder Ketten vereinigt, manche erheben sich auch vereinzelt über die Ebene. Die Entstehung dieser Höhenformen ist überaus mannigfaltig. Um Mißverständnisse zu vermeiden, müssen wir vorausschicken, daß alle Berge an jedem Punkt ihrer Oberfläche der Verwitterung und Abtragung ausgesetzt sind, so daß man wohl mit Recht sagen kann, daß die Gestalt und Form aller Berge durch die abtragende Tätigkeit des Windes, Wassers oder Eises bestimmt wird. Aber es handelt sich hierbei nur um die oberflächliche Modellierung des Berges, nicht um die Anlage seiner gesonderten Masse. Wenn wir diese Frage ins Auge fassen, so können wir folgende Gruppen unter den Bergen unterscheiden:



1. Die *aufgeschütteten* Berge. An der Mündung eines Flusses in einen See oder ins Meer wird ein Hügel von Verwitterungsschutt aufgehäuft, der, wenn der Wasserspiegel gesunken ist, als ein Berg erscheinen kann. Große Gletscher schütten an ihrem Stirnrand oftmals so ungeheure Mengen von erratischen Blöcken, Geschieben und Sanden auf, daß nach dem Schmelzen des Gletschers ein hoher Bergkegel oder eine amphitheatralische Talsperre übrig bleibt. Die Stirnmoräne des diluvialen Binneneises bildete den hohen und breiten Bergzug des „baltischen Höhenrückens“. Bei Ivrea am Südfuß der Alpen hat das glaziale Amphitheater eine ganz erstaunliche Höhe.

Wenn die Kräfte der Unterwelt die Erdrinde durchbrochen haben und ungeheure Mengen von vulkanischer Asche emporfliegen, dann häufen sich diese zu einem hohen Vulkankegel auf, dessen ganze Masse wiederum durch Aufschüttung entstand.

Mit einem gewissen Recht kann man auch die Korallenriffe als aufgeschüttete Berge betrachten; denn wenn der Wasserspiegel des Meeres sinkt oder die Koralleninsel gehoben wird, dann sehen wir einen steilwandigen Kalkberg vor uns aufragen.

2. Eine zweite Gruppe von Bergen nennen wir *gehoben*. Zu ihnen gehören alle großen Kettengebirge (Alpen, Apenninen, Pyrenäen, Ural, Himalaja), sowie die meisten deutschen Mittelgebirge (Harz, Thüringer Wald, Erzgebirge). Bei ihrer Bildung wurden Teile der Erdrinde durch einen von der Seite her wirkenden Druck zusammengeschraubt und stiegen nun entweder unter Beibehaltung der horizontalen Schichtenlage als keilförmige Schollen empor, oder es hob sich ein System

gefalteter Gebirgsketten durch Runzelung der Erdrinde in die Höhe.

Fig. 63. Eine Schicht von bestimmter Länge, die durch den Seitenschub zusammengepreßt wird. Hierbei bildet sich entweder ein System von Spalten (links) oder eine Falte (rechts).

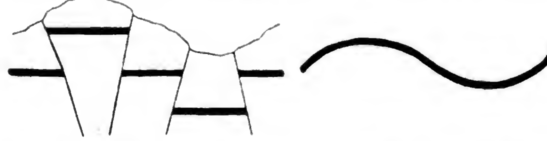
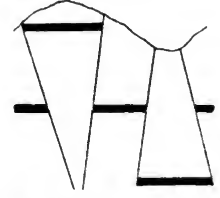


Fig. 64. Die zerbrochenen Erdschollen verschieben sich durch den Seitenschub vertikal gegeneinander. Links entsteht ein Horst, rechts ein Graben, dazwischen ein Treppenbruch.

Fig. 65. Durch die Faltenbiegung wird dieselbe Wirkung wie durch die Horstbildung erreicht; das Stück Erdrinde wird beim Zusammenschieben ebenso stark verkürzt.



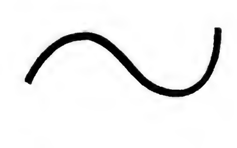


Fig. 66. Indem der Seitenschub noch stärker wirkt, vergrößert sich das senkrechte Ausmaß der Schollenverschiebung.

Fig. 67. Die Verkürzung geht weiter und der jetzige Abstand der Enden des gefateten Streifens ist derselbe, wie auf der links stehenden Bruchfigur.

Die letzte Ursache dieser, im engeren Sinne als „Gebirgsbildung“ bezeichneten Vorgänge liegt wahrscheinlich in der Abkühlung der Erde. Die heißen Quellen und die noch heißeren vulkanischen Laven lehren uns, daß

im Inneren der Erde ein ungeheurer Wärmevorrat enthalten ist. Mag man auch die wirkliche Höhe der Temperatur des Erdinneren nicht genau bestimmen können, so unterliegt es doch keinem Zweifel, daß die Erde ein großer Feuerball von mehreren Tausend Grad Hitze ist, umgeben von einer verhältnismäßig dünnen, erkalteten Rinde.

Der Weltenraum aber, in dem unser Planet schwebt, ist eisig kalt. Schon in 10 km Höhe hat man Temperaturen von — 60 ⁰ beobachtet, und man kann mit aller Sicherheit schließen, daß diese Temperaturabnahme mit steigender Höhe noch viel weiter geht. Die Erdkugel muß also nach allgemeinen physikalischen Gesetzen beständig Wärme verlieren und sich hierbei langsam zusammenziehen. Dadurch aber wird, genau wie bei einem eintrocknenden Apfel, die Erdrinde für den Erdkern zu weit. Es entsteht eine Spannung (Seitenschub), welche dahin führt, daß einzelne kleine und größere Stücke emporgepreßt werden. Behalten dieselben hierbei ihren horizontalen Schichtenbau, dann nennt man sie: Horste. Werden aber die ursprünglich horizontalen Schichten in vielen Biegungen zusammengeschoben, dann sprechen wir von einem Faltengebirge (vergl. Fig. 63—67).

Die jetzt noch zu betrachtenden Bergarten entstehen durch Zerteilung einer vorher einheitlichen Masse. Es wird bei ihrer Bildung der Abstand zwischen Erdmittelpunkt und Erdoberfläche nicht vergrößert, sondern lokal verkürzt.

3. Manche Berge entstanden durch Senkung, indem einzelne Teile der Erdrinde durch Unterwaschung, Auslaugung oder durch den Gebirgsbildungsprozeß in die Tiefe sanken, so daß der auf ihnen stehende Beobachter

die umliegenden Bruchränder als Bergwände aufragen sieht. So ist die oberrheinische Tiefebene zwischen Schwarzwald und Vogesen gesenkt worden, und wenn vielleicht auch diese beiden Gebirgsränder zugleich eine Aufpressung erfuhren, so kann man doch das ganze Rheintal von Basel bis Mainz als ein Senkungsgebiet betrachten. Daß solche gesenkte Erdschollen oft von Seen eingenommen werden, haben wir am Beispiel des Königssees (Fig. 55) und des Toten Meeres schon erwähnt.



Fig. 68. Ein Inselberg (Zeugenberg) in der Wüste, der durch atmosphärische Kräfte (Verwitterung und Windtransport) von dem links endenden horizontal geschichteten Plateau abgetrennt worden ist.

4. Ein letzter, ziemlich häufiger Typus ist die Entstehung einzelner Berge durch A b t r a g u n g. In der Wüste trägt der Wind das sand- oder staubförmig verwitterte Gestein in ungeheuren Wolken davon, und ein vorher einheitliches Plateauland kann sich hierbei in Berggruppen oder einzelne Inselberge (Fig. 68) zerlegen, die ganz horizontal geschichtet sind und oft stundenweit von dem nächsten Plateaurand entfernt stehen, mit dem sie einst verbunden waren.

In ähnlicher Weise wird ein ebenes Plateau, in das sich ein Flußsystem langsam einschneidet, in einzelne Bergzüge und Bergkegel zerteilt. Der am Boden des Tales stehende Beobachter sieht dann steile Bergabhänge

emporragen und muß erst den Gipfel des Plateaus ersteigen, um sich zu überzeugen, daß in dessen ebene Fläche ein Talsystem eingetieft wurde. Die Berge des Saaltals bei Jena oder die berühmte Coloradoschlucht in Arizona sind treffende Beispiele hierfür. Auch das Meer wirkt durch seine brandenden Wogen in derselben Weise. Leicht fressen sich die stürmischen Wellen in das steile Felsenufer, erweitern bestehende Klüfte und zerlegen das vorher einheitliche Küstenland in Halbinseln, Inseln und Klippen. Jede einzelne derselben kann als ein Berg betrachtet werden, der von dem Festland abgetrennt wurde.

Bei der Entstehung solcher Berge durch die abtragende Tätigkeit von Wind und Wasser, aber auch natürlich bei der Modellierung der durch Aufschüttung, Hebung oder Senkung entstandenen Bergformen sehen wir überall, welch großen Einfluß die Härte einzelner Gesteinsmassen den abtragenden Kräften gegenüber besitzt. Wir greifen einige Beispiele heraus:

Wenn in einer gleichartigen Gesteinsmasse einzelne härtere Kerne liegen, dann wird ihre Umgebung erniedrigt, während diese selbst darüber hinausragen, und da sie

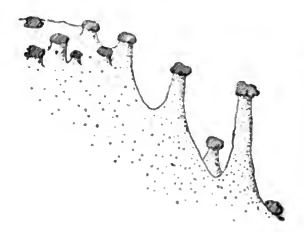


Fig. 69. Entstehung von sogenannten Erdpyramiden aus einem (links) von Steinen durchsetzten sandig-tonigen Gestein, das vom Regenwasser durchfurcht wurde, wobei die Steine als Schutz für das darunter befindliche Gestein dienten und allmählich auf hohen Stielen herausmodelliert wurden.

das unter ihnen befindliche Gestein gegen Verwitterung und Abtragung schützen, stehen sie endlich auf einem Stiel. So entstanden aus einem blockreichen Lehm die bekannten Erdpyramiden von Bozen. Nach jedem stärkeren Regen können wir solche Bildungen im Kleinen (Fig. 69) an steinigen Lehmabhängen beobachten, wo jedes Steinchen auf einem kleinen Lehmstiel aufsitzt.

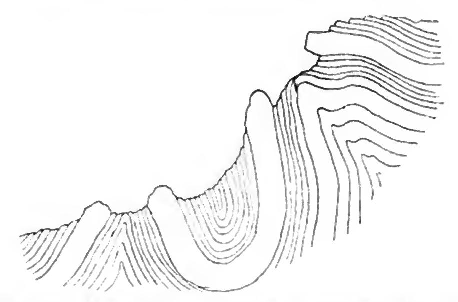


Fig. 70. Wiederholtes Auftreten derselben härteren Bank zwischen weicheren Schichten in einem Faltengebirge.

Derselbe Vorgang vollzieht sich im Großen, wenn z. B. eine harte Sandstein- oder Basaltmasse von weicheren Gesteinen umgeben wird. Diese werden leichter verwittert und abgetragen, und so ragt in Thüringen die Wachsenburg mit ihrer harten Sandsteindecke hoch über den weicheren Keupermergel empor oder in der Rhön und Böhmen hohe Basalt- und Phonolithkuppen (Fig. 5) über weichere Sandsteine und Tone.

Wenn in einem horizontal geschichteten Gebirge härtere Gesteinsplatten zwischen weicheren Schichten liegen, so arbeitet die Verwitterung und Abtragung in

raschem Tempo so lange, bis eine härtere Deckschicht die Oberfläche bildet. Dann verlangsamt sich die Abtragung, und wir sehen jetzt das Tafelland von einer harten Bank bedeckt (Fig. 68). Auch am Abhang geschichteter Berge machen sich die Härteunterschiede der einzelnen Bänke dadurch leicht kenntlich, daß härtere Schichten mit ihrem Rande (Schichtenkopf) etwas hervorragen und der Bergabhang dadurch wie mit Leisten oder Bändern umzogen erscheint.

In zerbrochenen und gefalteten Gebirgen, in denen die verschieden harten Bänke geneigt oder sogar senkrecht gestellt sind, ziehen, durch die Härte der Gesteine bedingt, dann lange Steilwände oder zackige Klippen ganz unvermittelt an den Bergabhängen entlang (Fig. 70).

Auch harte Spaltenausfüllungen von Quarz oder Schwerspat, Porphyr oder Basalt werden aus weicheren Hüllen herausmodelliert und überragen als mauerähnliche Felsenzüge das benachbarte Gebiet (Fig. 70, 71).

So können wir die Formen jeder Landschaft auf das Wechselspiel zweier Ursachen zurückführen. Auf der einen Seite steht die spezifische Wirkungsart der in dem betreffenden Klimagebiet vorherrschenden Verwitterung und Abtragung. Ob in einer Wüste physikalische Verwitterung und Wind, im Hochgebirge Spaltenfrost und Eis, unter dem Waldboden chemische Verwitterung und Regengüsse oder am Meeresstrand Salzwasser und Sturm vorwiegend tätig sind, das ist bestimmend für die bei der Abtragung entstehenden Tal- und Bergformen. Auf der anderen Seite sehen wir die chemische und physikalische Beschaffenheit der die Erdrinde zusammensetzenden Gesteine. Ob Kalk oder Ton, Granit oder Schiefer, Sand-

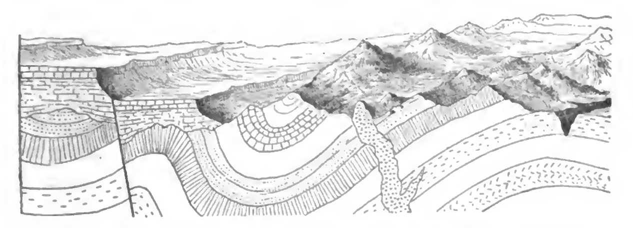


Fig. 71. Ein gefaltetes Grundgebirge, aus verschieden harten Gesteinen zusammengesetzt, wird links von horizontaler Decke diskordant überlagert; eine Verwerfung durchschneidet diese, ein eruptiver Gang jene. Die Abtragung hat die harten Gesteine als Bergzüge von verschiedenem Charakter herausmodelliert.

stein oder Basalt die Berge zusammensetzen, welche Gestalt die einzelnen Gesteinsmassen haben, ob sie Schichten, Linsen oder Gänge darstellen, ob sie zerklüftet oder kompakt, horizontal oder gefaltet sind, das alles prägt sich im Landschaftsbilde aus, und wenn wir die geologischen Ursachen der Landschaftsformen verstehen gelernt haben, dann erscheinen sie uns in einer neuen, ursächlich begründeten Schönheit.

Zum Schluß erhebt sich die Frage, ob jene Kräfte, welche den Bergen ihre jetzige Gestalt gaben, auch in Zukunft deren Form verändern?

Solange ein Bergabhang dem Einfluß der Atmosphärilien unterworfen ist, solange Verwitterung und Abtragung an ihm nagen, muß er sich selbstverständlich verändern. Wie der Dichter sagt, daß man nicht zum zweitenmal durch denselben Fluß schwimmen könne, so kann man auch behaupten, daß man nicht zum zweitenmal genau denselben Berg besteigen könne. Wenn auch kein

Menschenauge den langsamen Wechsel der Gestalt bemerkt, so muß doch notwendig eine Formveränderung erfolgen, und im Laufe eines Menschenlebens kann dieselbe schon so beträchtlich werden, daß sie der direkten Beobachtung zugänglich wird.

Aufgaben:

106. Miß mit dem bei Fig. 27 beschriebenen Winkelmaß die Böschung verschiedener Berge und Höhen, deren Winkel du vorher nach dem Augenmaß taxiert hast.

107. Ordne die Berge der Heimat nach den auf S. 126 bis 130 aufgezählten Kategorien.

108. Bestimme die Höhe der bei einem Platzregen entstandenen kleinen Erdpyramiden, und berechne daraus die Höhe der gleichzeitig abgewaschenen Bodenschicht.

109. Man versuche die Gestalt eines heimatlichen einzelstehenden Berges mit Ton, oder besser Plastolin zu formen, indem man zuerst auf einem Brettchen den Grundriß des Berges aufzeichnet (den Umriß der untersten Isohypse der topographischen Karte) und dann mit Stecknadeln oder Drahtstücken von verschiedener Länge einige bezeichnende Punkte der oberen Bergfläche angibt. Der Zwischenraum zwischen den Nadeln wird ausgefüllt und das Ganze nach der topographischen Karte mit einem Stäbchen modelliert.

110. Bilde die Gestalt eines heimatlichen Tales auf dieselbe Weise.

111. Pause von einem Meßtischblatt die Höhenkurven eines bergigen Landschaftsstückes je auf eine besondere Pappe, deren Dicke dem Kartenmaßstab entspricht (oder auch 2-, 3-fach größer ist), schneide die von diesen Kurven umschlossenen Felder mit scharfem Messer aus und klebe sie dann in richtiger Weise übereinander; so erhältst du ein Modell der Landschaft (nach E. ZIMMERMANN).

13. Schichtenstörungen und Erdbeben.

In der norddeutschen Tiefebene, wo vorwiegend weiche Sande, Tone und Kalke den Untergrund zusammensetzen, lassen sich die oft ganz abenteuerlichen Biegungen, Faltungen, Zerreißungen, Verschleppungen kleiner und großer Schichtenglieder auf die Bewegung

des nordischen Eises zurückführen, das sich in einer mehrere hundert Meter mächtigen Platte von Skandinavien herüberschob, wie eine Pflugschar den Boden durchfurchte, preßte, zusammenschob und faltete. Man spricht in diesem Fall von glazialer Stauchung. Anders liegen die Verhältnisse, wenn wir im Erzgebirge, Frankenwald, Harz und Westerwald harte Schiefer, Grauwacken, Sandsteine und Kalke in mächtige Falten zusammengelegt sehen, deren Oberfläche den Charakter einer gleichartigen Hochebene besitzt.

In vielen Aufschlüssen beobachten wir, daß der ursprüngliche Verband der Gesteine durch spätere Veränderungen gestört ist: zusammenhängende Felsmassen sind durch Klüfte zerteilt, die daran grenzenden Steinlagen sind gegeneinander verschoben; Mineralgänge durchsetzen als ein fremdartiges Gebilde die vorher einheitliche Masse, und die einst horizontal abgelagerten Schichten sind aus ihrer wagerechten Lage verschoben. Hand in Hand mit diesen inneren Veränderungen der Erdrinde wechselt die Gestalt der Erdoberfläche. Dort sehen wir eine weite Ebene, hier erhebt sich eine Gebirgskette oder ein System paralleler Kettenzüge.

Aber selbst in ebenem Gelände sehen wir oftmals in allen Aufschlüssen dieselben Schichtenstörungen. Es handelt sich dann um eine Gebirgsruine, die nach jahrtausendelanger Verwitterung und Abtragung übrig geblieben ist. In allen geologischen Perioden sind Gebirge entstanden und vergangen, und man kann eine ganze Stufenleiter immer älterer Gebirge (Fig. 34) aufstellen. Der Himalaya als eines der jüngsten Gebirge der Erde, beginnt die Reihe; dann folgen die etwas älteren Alpen, der noch ältere Ural und endlich ein uralter Gebirgszug,



der Deutschland von Straßburg bis Magdeburg durchzog, dem jetzt keine Gebirgskette mehr entspricht, der aber in seinen Fundamenten als eine Gebirgsruine noch deutlich erkannt werden kann. Im allgemeinen sind also die jüngsten Gebirge am höchsten, während ältere Gebirgszüge durch lang andauernde Abtragung immer mehr an Höhe verloren haben.

Gemeinsam ist allen Störungsgebieten, daß die Schichten nicht mehr horizontal sind, daß der seitliche Zusammenhang derselben Bank oft auf längere Erstreckung und wiederholt unterbrochen ist, daß die jüngsten Schichtenglieder nur am Rand des Störungsgebietes zusammenhängende Decken bilden, im Innern desselben aber fehlen oder nur in einzelnen Spuren erhalten sind. Die erdgeschichtlich ältesten und daher interessantesten Gesteine und Versteinerungen, die man sonst wegen der Überlagerung durch jüngere Gesteine nicht zu Gesicht bekommt, gelangten hier an die Erdoberfläche und wurden der Beobachtung zugänglich. Hier ist auch die Heimat der meisten, noch zu schildernden plutonischen Gesteine und aller Erzgänge. So kann man wohl sagen, daß die Störungsgebiete zu den geologisch merkwürdigsten Regionen der Erde gehören.

Aus der ungeheuren Mannigfaltigkeit von Lagerungsstörungen, welche die tektonische Geologie untersucht, wollen wir einige, besonders häufige und bezeichnende Fälle herausgreifen.

1. Die Verwerfungen. Wenn eine vorher einheitliche Gesteinsmasse durch eine Kluft zerteilt und die Teilstücke gegeneinander verschoben sind (Fig. 64, 66, 72, 74), sprechen wir von einem Bruch oder einer Verwerfung. Die

sogenannte Verwerfungs spalte klafft keineswegs immer, sondern wird in der Regel nur an dem seitlichen Zusammentreten zweier verschieden gefärbter oder zusammengesetzter Gesteinsarten erkannt (ein Fazieswechsel oder die Verwitterungsrinde kann beim Anfänger Irrtümer veranlassen). Selten ist die Bruchlinie genau senkrecht;

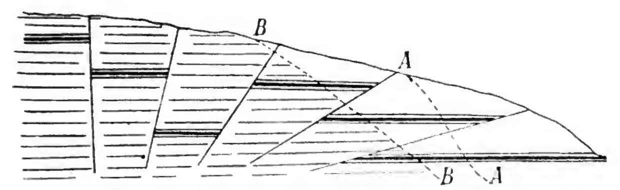


Fig. 72. Senkrechte und sich verflachende Verwerfungsspalten, an denen die Schichten bald abwärts, bald emporbewegt worden sind. Die drei ersten Schollen sind gegen links gehoben oder gegen rechts gesenkt, die drei folgenden ebenfalls. An der äußeren Böschungslinie erscheint die stärker markierte Bank nur einmal, aber wenn die Verwitterung und Abtragung bis *A—A* zurückgewichen ist, wird die Schicht zweimal geschnitten und in dem späteren Bergabhang *B—B* sogar dreimal übereinander erscheinen, obwohl sie nur einmal im Schichtenprofil auftritt.

meist sinkt sie geneigt in die Tiefe. Ihre Neigung kann so weit gehen, daß sie horizontal wird und dieselbe Schicht im Profil zweimal übereinander erscheint (vergl. Fig. 72); wir sprechen dann von einer Überschiebung.

Die Frage, ob der eine Flügel der Verwerfung emporgehoben oder der andere gesenkt worden ist, läßt sich im einzelnen Fall schwer entscheiden. Nur wenn wir ein ganzes Spaltensystem betrachten, kann man sich darüber ein Urteil bilden.

Mehrere Verwerfungen können unter einem spitzen Winkel zusammentreten (sich scharen), oder eine Anzahl



Brüche laufen parallel nebeneinander her. Dadurch wird das von ihnen durchsetzte Landschaftsbild ganz verschieden gestaltet; aber es gehört ein geschulter Geologenblick dazu, um solche Dinge in der Natur zu erkennen.

In einem von vielen sich kreuzenden Bruchlinien durchzogenen Gebiet können durch das Wechselspiel der Bewegungen auch seitliche Dehnungen uud Zerrungen auftreten, die zur Entstehung von Zerreißungsspalten führen (vergl. Fig. 74), in die einzelne Keilstücke hineinsinken.

2. Die Falten. Wenn die in der Erdrinde entstehende und immer mehr zunehmende Spannung die Festigkeit der Gesteine nicht zu zerreißen vermag, dann entstehen Schichtenbiegungen, die wir als Falten bezeichnen. Manche Gebirge sind nur von Brüchen durchsetzt, andere sind gefaltet, naturgemäß aber vertreten und ergänzen sich beide Erscheinungen. Die Ursache dafür, ob eine Falte entstehen kann oder eine Zerreißung erfolgt, liegt zuerst an der Biegsamkeit der Schichten. Ton oder glimmerreiche Gesteine werden leicht zu Falten gebogen. Aber auch spröder Kalk, harter Kieselschiefer und feste Quarzite können in große und kleine Falten gelegt sein; jedes Kettengebirge bietet uns zahllose Beispiele dafür. Wir müssen bedenken, daß über den jetzt zutage anstehenden Gesteinen einst mächtige Gesteinsmassen lagen, die zugleich einen gewaltigen Druck ausübten, und daß sich die jetzt zu oberst auftretenden Gesteine in einer beträchtlich heißeren Tiefenstufe der Erdrinde befanden. Durch Druck und Wärme kann man aber jedes, selbst das sprödeste Gestein plastisch machen. Als die Faltung beendet war, wurden die hangenden Massen allmählich entfernt, Druck und Temperatur sanken,

und der Kern des einstigen Gebirges wurde langsam herausgeschält (Fig. 89).

Man kann an jeder Falte (Fig. 73) einen konvexen Teil, den Falten*sattel*, und einen konkaven, die Falten*mulde*, unterscheiden; das verbindende Stück heißt der *Mittelschenkel*. Die Kammlinie des Sattels und die Mittellinie der Mulde entsprechen dem Streichen der

Fig. 73. Eine flache Falte, links der Sattel (Antiklinale), rechts die Mulde (Synklinale).



Falte. In manchen Fällen ist das Fallen der Schichten beiderseits der Sattellinie gleich groß. In anderen Fällen hat die seitlich wirkende Kraft des Gebirgsbildungsprozesses dazu geführt, daß einzelne Falten unter Verdrückung ihres Mittelschenkels bis zu 30 km weit *überschoben* wurden.

3. *Die Schieferung.* Neben den Verwerfungsklüften und den die Falten begleitenden Absonderungsflächen finden wir in gestörten Schichtensystemen häufig noch eine besondere Art der Zerklüftung, die man als *Schieferung* bezeichnet. Man versteht darunter (abgesehen von den wenigen Fällen, in denen man dünngeschichtete Gesteine (Kalkschiefer, Kupferschiefer) Schiefer nennt, eine bis ins Feinste gehende Spaltbarkeit, die als Folge des Gebirgsdruckes innerhalb des Gesteins entstanden ist. Die Schieferung ist oft unregelmäßig, bisweilen aber gliedert sie das Gestein in parallele Blätter, welche es unabhängig von der Schichtung (Fig. 74) durchsetzen, und deren Ablösungsflächen als Schiefertafeln wohlbekannt sind. Im Untersilur des südlichen Thüringer Waldes (bei Lauscha, Sonneberg und Steinach) durchschneiden sich zwei solche Schieferungs-

flächensysteme und gliedern den grauen Tonschiefer in langgestreckte Griffel, so daß aus den dortigen Schieferbrüchen die ganze Welt mit Schieferstiften versorgt wird.

Je jünger ein Falten- oder Bruchgebirge ist, desto leichter wird man aus der Gestalt seiner Oberfläche den inneren Schichtenbau des Störungsgebietes erschließen

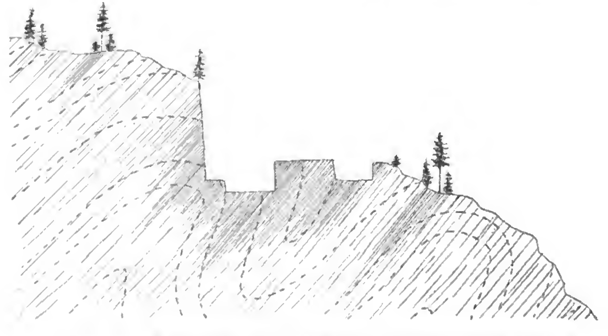


Fig. 74. Ein Profil durch gefaltete Gesteine (Schichtungsflächen punktiert), die durch den Gebirgsdruck geschiefert sind. Die Dichte der Schieferungskluft bezeichnet die Güte des Schiefers. Die am Fuß der Fichten zutage tretenden Schieferungsflächen werden in ihrem Verlauf den Schichtenflächen parallel und deuten die Stelle an, wo man dort Versteinerungen erwarten könnte.

können. Ein Graben ist dann eine wirkliche Vertiefung, der Horst ein topographisch erkennbares Plateau, der Faltensattel ist ein Bergkamm und die Mulde ein Längstal.

Aber wenn ein Gebirge lange Zeit hindurch abgetragen ist, ändern sich die meisten dieser Beziehungen. Die Härte verschiedener Gesteine ist dann für die Oberflächengestalt viel maßgebender als der innere Schichten-

bau. So ist mancher Bergzug ein Graben, obwohl er wie ein Horst emporragt (Fig. 75), die Faltensättel (Fig. 76) sind oft durch ein sogenanntes Spaltental zum Klaffen gebracht, und hohe Berggipfel können tektonisch eine Mulde darstellen (Fig. 71 Mitte).

Die Entstehung aller dieser Schichtenbiegungen und besonders das Zerreißen der Gesteine in den Verwerfungs-

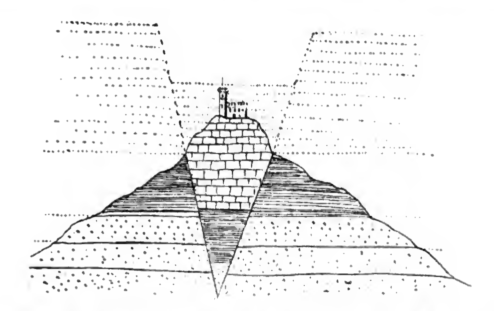


Fig. 75. Entstehung der Leuchtenburg bei Kahla durch Versenkung eines (härteren) Streifens von Muschelkalk zwischen weichen Letten (schraffiert) und Sandsteinen (punktiert), welche rasch abgewaschen werden konnten, und den ehemaligen Muschelkalkgraben als Bergkamm heraustreten ließen.

spalten ist naturgemäß mit einer Erschütterung der Erdrinde verbunden. Wir nennen derartige Bewegungen: Erdbeben, und da eigentlich alle älteren Gesteine von Klüften und Spalten durchsetzt werden, können wir sagen, daß kaum ein Teil der Erdrinde existiert, der nicht kürzere oder längere Zeit hindurch gebebt hat. In manchen sogenannten Schüttergebieten sind Erdbeben besonders häufig, aber trotz aller darauf gerichteten Bemühungen



hat man bisher kein Mittel gefunden, um Ort und Zeit eines Erdbebens vorauszusagen.

Den Ort, der über dem Sitz eines Erdbebens in der Erdrinde liegt, wo also eine vorhandene Spannung durch Biegung oder Bruch ausgelöst wird, nennt man das Epizentrum. Von diesen aus pflanzt sich eine heftigere

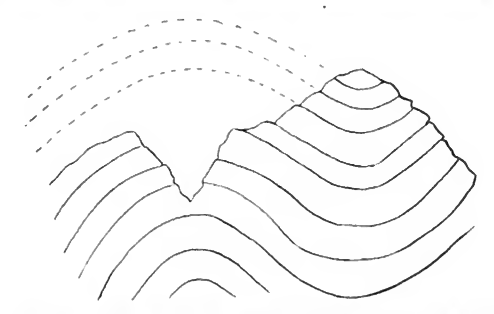
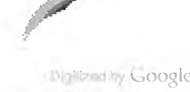


Fig. 76. Ein gefaltetes Stück Erdrinde bietet oft seltsame Widersprüche zwischen Schichtenbau und Bergform. Links ein Schichtensattel, der durch allmähliche Abtragung erniedrigt (Luftsattel) und sogar durch ein (sogenanntes) Spaltental zerteilt worden ist. Rechts sieht man eine Schichtenmulde, die der Abtragung Widerstand entgegensetzte und als hoher Gebirgsstock das Sattelgebiet überragt.

Erderschütterung als sogenanntes Fernbeben über ganze Kontinente fort, und eine große Zahl von Erdbebenstationen sind zum Studium dieser kleinen und großen Bewegungen angelegt worden. Eine internationale Kommission sammelt und verarbeitet die Resultate der einzelnen Stationen, und man hofft auf diesem Wege neue Tatsachen über die Beschaffenheit des Erdinnern zu gewinnen.

Wer Gelegenheit hat, ein Erdbeben selbst zu erleben, der soll zuerst nach der Bahnhofs- oder Postuhr genau den Moment des Eintritts bestimmen. Die zerstörenden Wirkungen des Bebens zu beobachten, ist dann immer noch Zeit genug. Über die Richtung, aus der die Stöße kommen, kann sich der Ungeübte leicht täuschen, man soll daher die Richtung umgeworfener Gegenstände genau mit dem Kompaß fixieren oder ihre Lage, bevor sie wieder aufgerichtet werden, vermarken. Sorgfältig soll man untersuchen, ob feste Gegenstände, Gebäude oder Bäume ihre Lage selbst um einen geringen Betrag gegeneinander verändert haben, ob man an frisch gepflügten Äckern, an Wegen oder Eisenbahnschienen Veränderungen in der Bodengestalt erkennen kann. Bei dem großen nordindischen Erdbeben von 1890 wurden trigonometrische Punkte um mehr als 20 m senkrecht und wagerecht gegeneinander verschoben. Auch in Steinbrüchen und anderen größeren Aufschlüssen ist die Möglichkeit gegeben, Veränderungen der Erdschichten zu erkennen. Ein ausführlicher Bericht über alle diese Beobachtungen ist der nächsten Erdbebenstation einzusenden.

Wahrscheinlich hängen mit Bewegungen der Erdrinde auch manche der in vielen Gegenden nachgewiesenen Aussichtsänderungen zusammen. Hervorragende Gebäude, Bergspitzen oder Baumgruppen, die man vor Jahren von einem bestimmten Punkt aus deutlich gesehen hat, sind seither aus dem Gesichtskreis gerückt; andere Objekte, die man früher nicht sehen konnte, erscheinen langsam am Horizont. In solchen Fällen muß man, wenn Beobachtungsfehler und Täuschungen ausgeschlossen sind, annehmen, daß entweder durch lokale



Abtragung einzelner Höhenzüge oder durch tektonische Bewegungen einzelner Schollen der Erdrinde der sichtbare Horizont verändert worden ist. Es ist vom größten wissenschaftlichen Interesse, solche Beobachtungen zu sammeln, die Fehlerquellen wohl in Rechnung zu ziehen und nach den Ursachen der Aussichtsänderung zu forschen.

Aufgaben:

112. Ein einfacher Apparat zur Nachahmung der wichtigsten Schichtenstörungen läßt sich folgendermaßen herstellen:

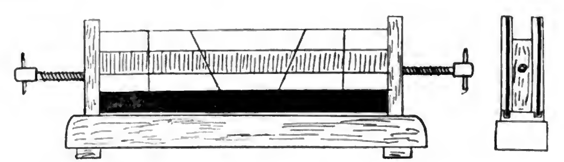


Fig. 77. Apparat zur Verdeutlichung des Gebirgsbildungsvorganges; links von vorn, um die Sägeschnitte des zwischen Glasscheiben eingespannten, mit bunten Streifen bemalten Brettes zu zeigen, rechts ein Blick auf die Innenfläche der Seitenwand. Die Rinnen zur Aufnahme der Glasplatten sind schwarz, der mittlere, gemaserte Pfosten ist von der Schraube durchbohrt.

Man läßt sich zwei (zerbrochene) Schraubenzwingen mit der Spindel, wie sie wohl in jeder Tischlerwerkstätte zu finden sind, in einen 60 cm langen, 6 cm breiten und hohen Stollen einleimen, und jederseits durch zwei aufgesetzte Leisten eine Nut herstellen, in der eine Glasscheibe leicht beweglich eingefügt werden kann. Um Verwerfungserscheinungen darzustellen, zersäge man ein 3 cm dickes, in den Glaskasten leicht einzupassendes Brett in beistehender Weise, glätte die Sägeschnitte gut und bemale die Fläche mit bunten Farbenstreifen (Fig. 77). Sobald man die beiden Schrauben anzieht, beginnt der mittlere Keil „horst“förmig (Fig. 78) emporzusteigen, oder bei umgekehrter Anordnung (Fig. 79) beginnen sich die seitlichen Stücke über den mittleren „Graben“ zu erheben.

113. Um denselben Apparat zur Darstellung von Falten zu benutzen, muß man ein 5 cm hohes, entsprechend langes und breites Brett mit einer Feder zwischen die beiden Schrauben-

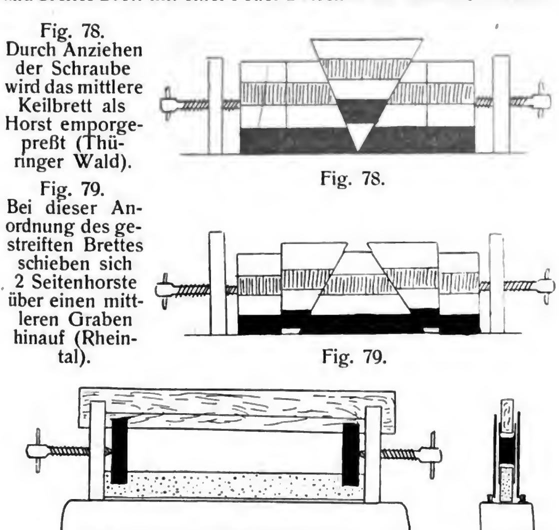


Fig. 78. Durch Anziehen der Schraube wird das mittlere Keilbrett als Horst emporgepreßt (Thüringer Wald).

Fig. 79. Bei dieser Anordnung des gestreiften Brettes schieben sich 2 Seitenhorste über einen mittleren Graben hinauf (Rheintal).

Fig. 78.

Fig. 79.

Fig. 80. Um Gebirgsfalten darzustellen, wird zwischen die Glasplatten ein Brett (punktiert) eingeschoben, auf dem zwei Schieber (schwarz) (s. Fig. 81) durch die Schrauben leicht bewegt werden können. Der Zwischenraum wird durch übereinander gelegte schmale Streifen bunten Flanells ausgefüllt, und durch ein Brett (gemasert) beschwert. (Der Apparat ist, ohne Glas und Tuchstreifen, für 6 Mk. von Herrn Tischler KEMMLER in Jena zu beziehen.)

zwingen einlassen (Fig. 80) und auf demselben zwei Schieber (Fig. 81) aus einem 3 cm breiten und 6 cm hohen Stück Holz, das man beiderseits mit 4 cm breiten und 12 cm langen Blechstreifen benagelt, anbringen. In den verbleibenden Zwischen-

raum legt man bunte Tuch- oder Flanellstreifen, zu unterst etwa zehn Streifen rotes Tuch, dann je drei weiße und drei blaue in wiederholtem Wechsel übereinander und beschwert die ganze Tuchstreifenschicht durch ein Brett, das rechts und links auf den Enden der Schraubenzwingen ruht. Wenn man jetzt die eine Schraube anzieht (Fig. 82), so bildet sich bald

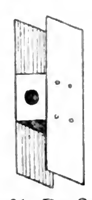


Fig. 81. Der Schieber besteht aus einem Holzstück, auf dem 2 Blechstreifen angenagelt sind. Die Mitte ist angebohrt, um die Spitze der Schraube zu fassen.

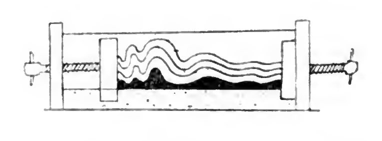


Fig. 82. Sobald man nur eine Schraube anzieht, entsteht ein Faltengebirge, dessen Schichten nach rechts in horizontale Lage übergehen. Wenn das beschwerende obere Brett entfernt wird, heben sich die Faltenzüge als Gebirgskämme deutlich hervor.

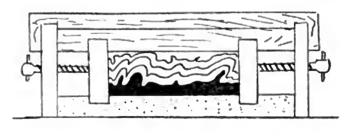


Fig. 83. Zieht man beide Schrauben an, so schieben sich die Flanellstreifen sehr innig ineinander; die roten Magmazonen (schwarz) unterhalb der Erdkruste (weiß) drängen sich als plutonische Masse hoch über ihr ehemaliges Niveau empor. Wenn man den Seitenschub bei Beschwerung durch das obere Brett einseitig wirken läßt, überschieben sich die Falten nach der entgegengesetzten Seite.

ein Faltengebirge, dessen Schichten nach der anderen Seite wagerecht weiter verlaufen. Schraubt man von beiden Seiten (s. Fig. 83), dann werden die Falten immer enger und höher. Zugleich sieht man, wie die roten Tuchstreifen (= unterirdisches Magma) in die Höhe gepreßt und zwischen die Schichtenfalten hineingedrückt werden; durch Vorhalten einer Pappe kann man die spätere Abtragung des Faltengebirges und das Sichtbarwerden der plutonisch entstandenen Gesteine verdeutlichen.

Wenn man das beschwerende Brett abhebt, sieht man Faltentäler und Faltenkämme.

114. In einem durch Verwerfungen zerschnittenen Gebiet

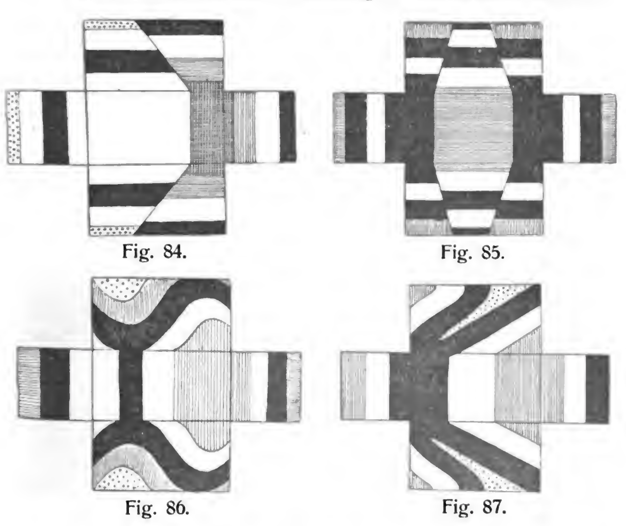


Fig. 84. Fig. 85.

Fig. 86. Fig. 87.

Fig. 84. Modell einer Verwerfung.

Fig. 85. Modell einer Grabenversenkung resp. eines Horstes.

Fig. 86. Modell einer einfachen Falte; links der Sattel, rechts die Mulde.

Fig. 87. Modell einer von rechts nach links überschobenen Falte, so daß auf den Schmalseiten rechts die normale, links die überkippte Schichtenreihe beobachtet wird.

werde man sich darüber klar, welche Erdschollen (Bergsystem) gegenüber den anderen am höchsten stiegen, welche am tiefsten gesenkt wurden?

115. Die Lagerung und Verteilung der Schichtgesteine in gestörten Gegenden läßt sich am besten verdeutlichen, wenn

man sich tektonische Modelle darstellt. Zu diesem Zweck bemale oder beklebe man Zigarrenkistchen in der auf beifolgenden Figuren (Fig. 84, 85, 86, 87) dargestellten Weise mit bunten Farben.

116. Zur Verdeutlichung der Gebirgsbildung auf der schrumpfenden Erdkugel dient folgender Apparat Fig. 88):

Ein möglichst großer Gummiballon (*B*) wird mit einem Stück Glasrohr (*R*) verbunden, und darüber ein kurzer Gummischlauch gestreift, der durch einen Quetschhahn (*H*) geschlossen wird. Nachdem man den Gummiballon aufgeblasen hat, überzieht man ihn mit einer etwa 2 mm dicken Schicht von Weizenmehlbrei und dreht ihn darauf so lange in trockenem Weizenmehl, bis eine vollständig glatte, 3—4 mm dicke Mehlschicht den Ballon umgibt. Der Ballon wird sodann auf einen Dreifuß so gelegt, daß der Gummischlauch in ein darunter stehendes Glas mit Wasser (*W*) gerade eintaucht.

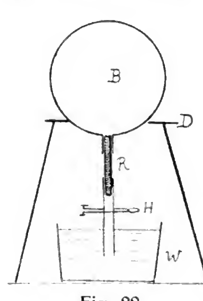


Fig. 88.

Jetzt öffnet man den Quetschhahn und läßt die Luft in einzelnen Blasen heraustreten. Das Volumen des Gummiballons vermindert sich und in der Mehlschicht macht sich sofort der Seitenschub geltend. Kleine Falten werden allmählich höher, einzelne Faltenzüge scharen sich zu Faltensystemen, flache Senkungsfelder sinken in die Tiefe, und die begrenzenden Falten wälzen sich über die Depression; hier erscheinen, oft seltsam umgebogen, die langen Faltenzüge der Cordilleren, dort drängt sich ein Jurasystem in dichten Parallelfalten aneinander, kleine Fältchen werden von großen Überschiebungen bedeckt, und die interessantesten Beziehungen tektonischer Leitlinien lassen sich überall wiedererkennen. Will man den Versuch wiederholen, so bläst man den Ballon von neuem auf, glättet die entstandenen Spaltensysteme in trockenem Mehl, und der Apparat kann abermals in Gang gesetzt werden.

117. Ganz brauchbare Modelle zur Verdeutlichung gefalteter Schichten kann man auch aus Holzklötzen mit konzentrischen Jahresringen gewinnen. Regelmäßige Astansätze können lokale Hebungszonen darstellen. Indem man zwei scheibenförmige Stammquerschnitte halbiert und um die Breite des Halbmessers gegeneinander verschiebt, kann man sich ganze Faltensysteme zusammenbauen.

118. Durchmustre die Aufschlüsse deiner Heimat nach Schichtenstörungen; zeichne oder photographiere sie, suche besonders charakteristische Störungen durch ein Modell (s. Aufgabe 109) darzustellen.

119. Beobachte an den Sattelkämmen und Muldenkernen das Anschwellen — an den Mittelschenkeln die Verdünnung der Schichten —, außerdem die Spaltenbildung in stark gebogenen Stellen spröder Gesteinsbänke.

120. Beobachte die Lettenklüfte oder Reibungsbreccien auf Verwerfungen (nach E. ZIMMERMANN).

14. Plutonische Erscheinungen.

Nach dem Herrscher der Unterwelt hat man die geologischen Erscheinungen genannt, die sich in den Tiefen der Erdrinde abspielen, und deren Wirkungen wir nur dann beobachten können, wenn sehr tiefe Taleinschnitte das Innere der Erde entblößt oder starke Faltungen tiefere Rindenteile an der Erdoberfläche gebracht haben.

Wenn ein Faltengebirge entsteht oder die Spannung der Erdrinde durch tiefgehende Spalten ausgelöst wird, dann entstehen nicht nur jene oberflächlich geöffneten Klüfte und die rings geschlossenen Spalten, welche durch Mineralgänge später ausgefüllt werden, sondern es bilden sich auch Zonen geringerer Festigkeit, die nach oben geschlossen, doch in so große Tiefen hinabtauchen, daß sie in Verbindung mit dem glühenden Erdinneren treten. Dasselbe dringt dann, von ungeheueren Druckkräften emporgejagt, mit heißen Wasserdämpfen gesättigt, so weit empor, als die Festigkeitsverminderung es erlaubt, und erfüllt hierbei Hohlräume von ganz verschiedenem Umriß. Bald sind es lange, gerade Spalten, bald rundliche Höhlen, die sich bisweilen trichterförmig nach oben erweitern. Ganze Schichtensysteme können bei der Faltung aufgeblättert werden, so daß jede Schichtenfuge als Hohlraum erscheint,

und in alle diese Räume dringt der Glutfluß hinein und schmilzt auch einzelne Teile der Hülle in sich ein.

Vielfache Erfahrungen lehren uns, daß sich in beträchtlicher Tiefe unterhalb der festen Erdrinde überall eine geschmolzene Glasmasse befindet, die, wie geschmolzene Hochofenschlacke, aus einer Mischung verschiedenartiger Verbindungen besteht, in denen Eisen und Kieselsäure die wichtigste Rolle spielen. Man nennt diesen Glasfluß: das Magma. Wir wissen, daß es weit über 1000° heiß ist, daß seine chemische Zusammensetzung von Ort zu Ort wechselt, und daß eisenreichere Wolken und eisenärmere Partieen vielfach ineinander übergehen und sich gegenseitig durchdringen. Wir nennen eine derartige Struktur, die man leicht nachahmen kann, wenn man eine etwas gefärbte konzentrierte Zuckerlösung in Wasser gießt und das Gefäß langsam bewegt: schlierig.

Nachdem dieses Magma die unterirdischen Hohlräume erfüllt hat, dringen die in ihm enthaltenen Dämpfe langsam noch ein Stück weit in das nebenliegende Gestein hinein und greifen es in nach außen abnehmender Stärke chemisch an, so daß eine Übergangszone zwischen dem Magmaherd und dem von ihm durchdrungenen Nebengestein, die Kontaktzone, entsteht.

Langsam beginnt jetzt das Magma zu erkalten, und da eine mächtige Decke hangender Gesteine die Abkühlung verlangsamt, so bleibt das Magma lange Zeit hindurch in einem halb flüssigen Zustande, so daß die einzelnen Moleküle Zeit finden, zu immer größer werdenden Kristallen zusammenzutreten.

So bildet sich aus dem ursprünglich gleichartigen Glasgemisch ein Gefüge immer größer wachsender

Kristalle. Feldspat, Glimmer, Quarz, Hornblende, Magneteisen und andere Mineralien scheiden sich aus. Die Glasmasse wird dabei immer mehr aufgebraucht, und wenn die Abkühlung endlich zur Erstarrung der ganzen Masse führt, dann entsteht ein körnig vollkristallinisches Gestein, bestehend aus verschiedenartigen Kristallen und Kristallgruppen, die sich ohne trennende Zwischenschicht gegen-

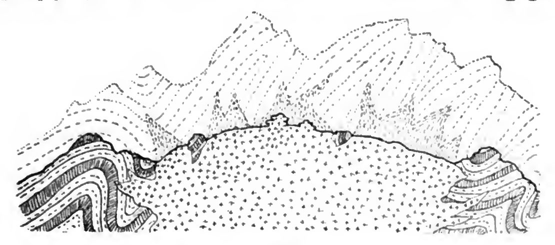


Fig. 89. Eine Granitkuppe (Brocken), umgeben von gefalteten Schiefern, die, bis auf einzelne Reste im Hangenden, ganz abgetragen wurden. Die punktierte Zeichnung gibt eine Vorstellung von dem Aussehen des Gebirges zur Zeit, als der Granit eindrang.

seitig umwachsen, verschränken und begrenzen. Granit, Syenit, Diorit, Gabbro sind bekannte Beispiele solcher plutonischen Gesteine.

Während der Magmaherd erkaltet, kühlt sich gleichzeitig das von seinen Dämpfen durchdrungene Nebengestein ab. Aber da seine Bestandteile vielfach zerlegt und teilweise aufgelöst worden waren, zeigt es jetzt nicht mehr die ursprünglichen Eigenschaften. Wir sagen, daß es durch Kontaktmetamorphose verändert ist, und nennen die Zone, bis zu der die Veränderungen reichen, den „Kontakthof“.



Nach der hauptsächlichsten Form, in der plutonische Gesteine auftreten, unterscheiden wir die flächenhaft ausgebildeten Gänge, die rundlich unregelmäßigen Stöcke und die pilzartig nach oben erweiterten Lakkolithen. Dazu kommen noch die metamorphischen Schiefer, deren aufgeblätterte Schichtenreihe durch zahllose dazwischen getriebene, schmale Gänge erfüllt wurden, wobei überaus komplizierte Mischgesteine, besonders gewisse Gneiße entstanden.

Hand in Hand mit der Ausscheidung dieser plutonischen gemengten Gesteine geht aber häufig die Bildung gangförmiger oder unregelmäßig gestalteter Nester von wertvollen Erzen. Viele Kupfer- und Eisenerzlager sind auf diesem Wege ausgeschieden worden.

Wir würden von allen diesen Dingen nichts wissen, wenn nicht jahrtausendelange Verwitterung und Abtragung tiefe Wunden in den Faltengebirgen erzeugt hätten, die der Bergmann noch vergrößert, um die verborgenen Schätze zu heben.

Aus dem früher Gesagten geht auch hervor, daß uns die stärker abgetragenen, älteren Faltengebirge die tiefsten Einblicke in die Erdrinde gestatten. Hier sind im Laufe langer Zeiträume viele hundert Meter Gesteinsdecken entfernt worden, und während die Verwitterung in die Tiefe drang, erschienen immer größere Massen plutonischer Felsarten an der Erdoberfläche.

Am häufigsten sind Granitmassive unterirdisch gebildet worden. Ein Kontakthof von 50—500 m und mehr umgab sie, und das Nebengestein fiel langsam der Verwitterung anheim. Eine Gesteinsdecke nach der anderen wurde entfernt (Fig. 90), bis die erste Spur des Kontakt-

hofes oberflächlich sichtbar ward (Fig. 91). Es gibt Gebiete, wo nur ein unregelmäßig umgrenzter Fleck durch

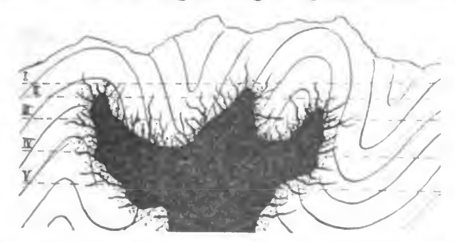


Fig. 90. Profil durch einen unregelmäßig gestalteten Granitstock (Lakkolith, schwarz), der, mit zahllosen Gängen besetzt, in ein gefaltetes Schiefergebirge eingepreßt wurde, und das Nebengestein durch Kontaktmetamorphose (punktiert) verändert hat. Die horizontalen Linien entsprechen den verschiedenen Schnittebenen, die durch allmähliche Verwitterung und Abtragung auf der Erdoberfläche nacheinander sichtbar werden.



Fig. 91. Fig. 92.

Fig. 91. Beginn der Entblößung, dargestellt durch zwei Flecken kontaktmetamorph veränderten Schiefers, durch den einige Granitadern streichen. (Schnittebene I.)

Fig. 92. Zweiter Schnitt, in welchem mitten in zwei kleinen Kontaktöfen kleine Granitflächen erscheinen und die Granitgänge verbinden.

Fig. 93. Durch Vertiefung der Abtragungsfläche wachsen die Granitflächen, und neue Gangsysteme erscheinen zwischen den Kontakthöfen.



Kontaktmetamorphose veränderter Gesteine auf einen darunter verborgenen Granitstock schließen läßt.

Dann wird auch die Decke des Kontaktmantels entfernt, und in vereinzelten kleinen, dann größer werdenden



und zusammenfließenden Flächen tritt der plutonische Stock zutage.

Während Verwitterung und Abtragung unaufhaltsam tiefer dringen, wird die vom Granit bedeckte Fläche immer breiter, und da dieses Gestein härter als die umhüllenden Schiefer ist, wird es langsam aus ihnen herausgeschält und ragt endlich als kühne Granitkuppe hoch in die Lüfte, nachdem die deckenden Hüllen verschwunden sind.





Fig. 94. Fig. 95.

Fig. 94. Wenn die größte Breite des Granitstockes geschnitten wird, sehen wir eine große, unregelmäßige Granitmasse von ihrem Kontakthofe regelmäßig umgeben, der von Gängen durchsetzt wird.

Fig. 95. Die Abtragung hat die Stielregion des Granitstockes erreicht; der Kontakthof umgibt nur noch eine kleine Granitmasse.

(Fig. 89.) Aber immer tiefer dringt die Abtragung in die Eingeweide der Erde hinein, und es treten die ersten Spuren wertvoller Minerallager zutage, die der Bergmann dann Hunderte von Metern in die Tiefe weiterverfolgt.

So sind uralte Gebirgsruinen im Fichtelgebirge, Erzgebirge, Harz, im Ural und Altai oder im nordamerikanischen Felsengebirge zu den reichen Schatzkammern der Erde geworden und gewähren uns zugleich einen Einblick in die erstarrten plutonischen Bewegungen einer längst verflossenen Zeit.

15. Der Vulkanismus.

Es gibt wenig Begriffe, über die so viele irrige Vorstellungen herrschen, und keine Tatsachengruppe, die ein so weitgehendes Interesse erregt, wie die vulkanischen Erscheinungen. Vorstellungen, welche die Wissenschaft schon seit vielen Jahren endgültig überwunden hat, herrschen noch in weiten Kreisen, und durch die sensationellen Veröffentlichungen und Vorträge mancher Schriftsteller sind zu den alten Irrtümern neue hinzugekommen. Vielfach bezeichnet man die oben geschilderten plutonischen Vorgänge ebenso wie die Erdbeben und den Gebirgsbildungsprozeß als „vulkanisch", selbst wenn keine Spur vulkanischer Erscheinungen dabei zu beobachten ist. Jede heiße Quelle, jeder Erdrutsch wird unter die vulkanischen Erscheinungen gerechnet, und so ist dieses Gebiet der Tummelplatz widerspruchvoller Gedankengänge.

Das berühmte Erdbeben von Lissabon im Jahre 1755 geschah in einer völlig unvulkanischen Gegend, und wenn gleichzeitig in Deutschland manche Quellen versiegten, so beweist das nur, wie weit sich solche nichtvulkanische Erschütterungen durch die Erdrinde fortpflanzen. Im Jahre 1898 ereignete sich in Nord-Indien ein Erdbeben, dessen Wirkungen weit verheerender waren. Obwohl dieses Erdbebengebiet von ausgezeichneten Geologen durchforscht worden ist, so hat man doch keine Spur von vulkanischen Erscheinungen dort entdeckt, und die zahlreichen benachbarten Vulkane des Sundameeres zeigten keine Reaktion.

Andererseits erfolgte 1883 der furchtbare vulkanische Ausbruch des Krakatau in der Sundastraße ohne jedes



vorausgehende oder begleitende Erdbeben, trotzdem hierbei ein großer Berg in die Luft flog.

Als im Jahre 1883 ein furchtbares Erdbeben die vulkanische Insel Ischia heimsuchte und viele hundert Menschen unter den Trümmern von Casamicciola begrub, blieb der nahe Vesuv vollkommen ruhig, und das auf vulkanischem Boden erbaute Neapel erhielt die erste Nachricht von dem Unglück erst am nächsten Tage durch die geflüchteten Überlebenden.

Diesen Tatsachen gegenüber, welche deutlich zeigen, daß Erdbeben und Vulkane nicht notwendig zusammenhängen, fällt es nicht ins Gewicht, daß in anderen Fällen Erdbeben und Vulkanausbrüche eng verknüpft sind. Ein Erdbeben kann wohl einen Vulkanausbruch vorbereiten, das in der Erdrinde empordringende Magma kann verheerende Stöße ausüben, aber trotzdem müssen wir beide Erscheinungen scharf voneinander trennen.

Es ist für die vulkanischen Erscheinungen bezeichnend, daß die Erdrinde bis hinab zu einem noch glühenden Magmaherd durchbahnt werden muß, damit dieser bis zur Erdoberfläche heraufdringen kann. Daß das Magma nicht ohne weiteres die Fähigkeit besitzt, mit eigener Kraft die ganze Erdrinde zu durchbrechen, das lehren uns die plutonischen Gesteinskörper. Es wäre undenkbar, daß große Granitherde unter einer 1000 m mächtigen Gesteinsdecke erkalten konnten, wenn das Magma imstande wäre, ohne andere Hilfe durch die Erdrinde hindurchzubrechen.

Es muß also noch eine andere Kraft hinzutreten, und diese erblicken wir in dem Gebirgsbildungsprozeß. Wenn dieser die Erdrinde zerklüftet, dann entstehen in

größeren Tiefen zwar nicht immer, aber häufig, Schichtenzerrungen und Gebiete verminderter Gesteinsfestigkeit. Es liegt dann ganz an der Ausdehnung solcher Störungszonen, ob dabei plutonische oder vulkanische Erscheinungen entstehen. Nur die begleitenden Umstände bedingen das eine oder das andere.

Die Vulkane sind also keineswegs Sicherheitsventile, welche Erdbeben verhindern und Gebirgsbildung unterdrücken könnten, sondern die Begleit- und Folgeerscheinungen der Abkühlung und Runzelung unseres Erdballes.

Wenn wir die verschiedenartigen Erscheinungen (Fig. 96), die wir in einer vulkanischen Gegend beobachten, in eine Altersreihe gesetzmäßig aufeinander folgender Vorgänge einteilen sollen, so ergibt sich folgendes Bild:

Die in der Erdrinde vorhandene Spannung löst sich in einer Zerreißung der Erdrinde aus, welche so tief hinabreicht, daß das bis dort emporgedrungene glühende glasige Magma mit seinen Dämpfen zu Tage zu treten vermag.

Hat der Gebirgsbildungsprozeß die äußere Erdrinde zerklüftet, dann entweichen die vorauseilenden Dämpfe, und der glühende Glasfluß ergießt sich aus den Spalten. So wurde das ostindische Dekhan am Schluß der Kreideperiode von ungeheuren Lavadecken überflutet, die man bei Bombay in einer Mächtigkeit von 1000 m aufgeschlossen findet; oft treten aber nur kleinere Magmamengen aus, die sich entweder als lokale Quellkuppe aufhäufen oder auf geneigtem Boden als Lavastrom herabfließen.

Häufig sind die Fälle, wo die Zerrüttung der Erdrinde nicht bis zur Oberfläche reicht. Sie stellen einen



Übergang zwischen den eben geschilderten Spalten und den plutonischen Zerklüftungen dar. Das dampfreiche

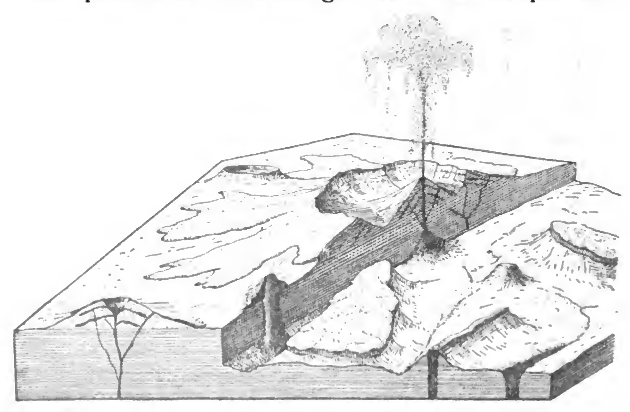


Fig. 96. Oberfläche und Durchschnitt durch ein tätiges Vulkangebiet (links) und Oberfläche eines seit langem abgetragenen Vulkans (rechts). Links im Vordergrund ein einfacher aus Aschenschichten (punktiert) und Lavaströmen (schwarz) aufgebauter Vulkan, rechts daneben eine Quellkuppe, im Hintergrund ein Maar. Der große Kraterring, von alten Lavaströmen umgeben, ist durch lange Ausnagung eines einst höheren Vulkans entstanden, in dem sich später ein neuer zentraler Vulkankegel bildete, der eine Aschensäule in die Luft sendet. Durch langandauernde Abtragung ist rechts der einstige mittlere Aschenkegel völlig verschwunden, nur in der Tiefe ragt eine alte Kraterausfüllung bergartig empor. Die verbreiterten Enden der Lavaströme heben sich als basaltische Inselberge über die von Tälern zerschnittene Ebene, eine Quellkuppe bildet einen rundlichen Basaltberg und ein harter Basaltgang ist mauerförmig ausgespart worden, während daneben ein weicheres, zerklüftetes Lavaganggestein stärker verwitterte und den Boden einer schmalen Talrinne bildet.

Magma bleibt vielleicht 1000 m unter der Erdoberfläche stecken, seine glühend heißen Dämpfe sammeln sich rasch

am oberen Rande der Spalte an oder durch Einwirkung des heißen Magmas auf ein anderes Gestein (z. B. Kalk) entwickeln sich große Dampfmengen. Man hat Versuche mit überhitzten Wasserdämpfen gemacht und dabei beobachtet, daß sie wie die stärksten Säuren wirken. Kein Wunder, daß sich solche Dämpfe durch das noch unverletzte Stück der Erdrinde rundliche Kanäle bohren und in rascher Folge die Erdrinde durchdringen. Explosionsartig sausen die heißen Dämpfe heraus, reißen von den Wänden des Schlußkanals große Mengen von Gesteinsbrocken ab und bilden, wie eine auffliegende Mine, eine trichterförmige Schußwunde in der Erdrinde.

In vielen Fällen hat damit die vulkanische Tätigkeit ihr Ende erreicht. Das in der Tiefe erkaltete Magma dringt nicht nach, und das trichterförmige Loch füllt sich nach einiger Zeit mit Wasser, um als Maar oder Kratersee eine Zeitlang zu bestehen.

In vielen Vulkangebieten aber ist das Durchschießen der Erdrinde nur der Anfang weiterer vulkanischer Ausbrüche. Ist das Magma bei der Explosion entgast worden, dann fließt eine dampfarme Lava aus. Sind aber noch große Mengen von Dampf im Magma enthalten, dann wird es blasenreich, schäumt auf wie gegorenes Brot — und Millionen platzender Gasblasen zerreißen es in unzählige kleine Splitter, die mit den Dämpfen als vulkanische Aschenwolke hoch emporsteigen.

Bis über 10 km kann der aschenreiche Dampf emporwirbeln, seine feinsten Teilchen werden vom Winde erfaßt und können über ganze Ozeane hinweggetragen werden. Die schwereren Bestandteile aber fallen wieder zurück, häufen sich in einem ringförmigen Wall

um den Eruptivkanal auf und bilden den Krater des Vulkans.

Alle bisher geschilderten Erscheinungen treten aber während der geschichtlichen Entwicklung eines Vulkans neben- und nacheinander auf, und dadurch entsteht jene ungeheure Mannigfaltigkeit in der Tätigkeit und der Erscheinungsform der Vulkane.

Niemand vermag einem Vulkanberg anzusehen, ob er gänzlich erloschen ist, niemand kann voraussagen, ob und wann seine unheimliche Tätigkeit wieder beginnt.

Der eine Vulkan zeigt einen steilen Aschenkegel ohne Lavaströme, die Flanken eines anderen sind mit zahllosen schwarzen Lavaströmen überzogen. Am Vesuv sitzt in einem stark abgetragenen älteren Kraterring (Somma) der erst bei dem Untergang von Pompeji im Jahre 79 entstandene innere Kraterkegel, während das Albanergebirge bei Rom drei verschieden alte, ineinander liegende Kraterringe erkennen läßt und in den kreisrunden Seen von Albano und Nemi die herrlichsten Maare zeigt. Am Ätna haben sich die vulkanischen Dämpfe immer wieder neue Kanäle gebohrt, und so sitzen auf dem flachen, 60 km breiten Aschenkegel des Hauptkraters gegen 50 sogenannte parasitische Krater auf.

Obwohl Deutschland in der jüngsten geologischen Vergangenheit der Schauplatz zahlreicher Vulkanausbrüche war, so hat doch Verwitterung und Abtragung die einstigen Aufschüttungsformen derselben vollkommen zerstört. Nur eine Anzahl schöner Maare in der Eifel sind in ihrer ursprünglichen Anlage noch wohlerhalten. Aber weder im Westerwald und Vogelsgebirge, noch in der Rhön und Franken oder in Nordböhmen darf man alte Krater-

formen zu finden erwarten, entsprechend dem auf Fig. 96 rechts dargestellten Gelände. Hier sehen wir nur die stark verwaschenen und durch intensive Abtragung veränderten Vulkanruinen; und wie das geschulte Auge eines Architekten dazu gehört, um in einer alten Burgruine die einstige Form des längst zusammengebrochenen Gebäudes wiederzuerkennen, so kann nur der geübte Geologe die einstigen Zusammenhänge der durch Abtragung zerteilten Vulkangruppen enträtseln. Mauerartig herausgewitterte Gänge (Fig. 95), durch Abtragung freigelegte, runde Vulkanstiele (Fig. 5 Basaltkuppen), in Stücke zerlegte Lavaströme (basaltische Berge Fig. 96) sind umhüllt oder seitlich verknüpft mit den letzten Überresten der jetzt zum größten Teil verschwundenen Aschenkegel.

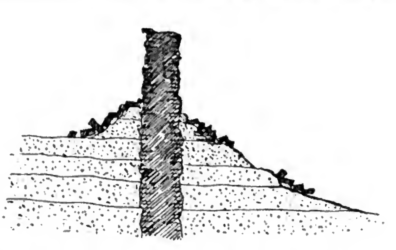


Fig. 97. Ein harter Basaltgang durchsetzt weiche gebankte Sandsteine. Die Verwitterung hat ihn daher aus dem Nebengestein herausgeschält, so daß er als hohe Mauer emporragt. Basaltbruchstücke sind herabgefallen und verhüllen die Berührungsflächen beider Gesteine.

Wir müssen zum Schluß die bei den bisher geschilderten Vorgängen entstandenen Gesteine betrachten und unterscheiden die ausgeflossenen Lavagesteine von den ausgeworfenen Aschengesteinen. In einzelnen Fällen zeigt uns der erstarrte Lavastrom noch die glasige Beschaffenheit des emporgedrungenen Magmas. Die bunten

Pechsteinfelsen bei Meißen, schwarze Obsidianflüsse auf Lipari und in Nordamerika (Yellowstone-Park) unterscheiden sich nur wenig von einem beliebigen geschmolzenen Glas aus der Glashütte. Doch bemerken wir bei mikroskopischer Untersuchung dünn geschliffener Plättchen (Dünnschliff), daß sich in der Glasmasse kleinste Mineralkörnchen und Kriställchen ausgeschieden haben. Durch den Vergleich mit anderen vulkanischen Lavagesteinen können wir nun eine vollkommene Entwicklungsreihe aufstellen, in welcher durch beständiges Wachsen der kleinen Kriställchen (Mikrolithe) langsam die einstige Glasmasse verschwindet und sich in ein, vielleicht mit bloßem Auge nicht erkennbares (dichtes), aber unter dem Mikroskop (u. d. M.) aus lauter kleinen Kristallen bestehendes Gestein verwandelt.

Häufig sind einzelne Kristalle in ihrem Wachstum vor den anderen voraus. Sie erscheinen dann als Einsprenglinge in der dichten Grundmasse (die daneben meist noch eine kleinere zweite Generation desselben Minerals enthält); wir nennen ein solches Gestein p o r p h y r i s c h. Ist aber die Erkaltung und Entglasung des Magmas sehr langsam vor sich gegangen, dann erstarrt es zu einem grobkörnigen Gestein, dessen einzelne Mineralkristalle schon mit bloßem Auge sichtbar sind; aber u. d. M. erkennen wir noch zwischen ihnen vereinzelte Reste des einstigen Glasflusses. Sie bilden den Übergang zu den früher besprochenen plutonischen Gesteinen.

Die verschiedene chemische Zusammensetzung des Magmas, sein mehr oder minder hoher Dampfgehalt, die Zeitdauer und die Umstände, unter denen es erkaltete, bedingen nun jene ungeheure Mannigfaltigkeit der nach

Hunderten zählenden vulkanischen Gesteine. Die in Deutschland am weitesten verbreiteten Typen derselben sind S. 55 bis 58 besprochen worden.

Die Aschengesteine bestehen zwar aus derselben Masse wie die vulkanischen Laven, aber bei ihrer Bildung waren ganz verschiedene Umstände tätig. Indem eine Unmenge von Dampfblasen in dem Magma entstanden, zerriß es in Stücke von verschiedener Größe. Große Lavafetzen nennt man, besonders wenn sie beim Fluge durch die Luft spiralig gedreht worden sind, Bomben. Kleinere Stücke werden als Lapilli bezeichnet. Dann folgen in abnehmender Korngröße vulkanischer Sand und Asche.

Alle diese Massen häufen sich um den Krater herum an. Bald sind sie nach der Größe sortiert, bald regellos durcheinander gemischt. Ihre lockere, poröse Beschaffenheit macht sie fähig, große Mengen von Regenwasser aufzunehmen und lange zu bewahren. Dadurch unterliegen sie rasch der chemischen Verwitterung und Zersetzung. Die kleinen, lockeren Teilchen werden miteinander verkittet; es entstehen vulkanische Tuffe und aus ihnen durch weitere Zersetzung Tone, Tonsteine, Wacken und Schalsteine. Eine große Anzahl ähnlicher Sedimente, die im Umkreis einstiger Vulkane abgelagert wurden, zeigen sich zusammengesetzt aus einer Mischung von vulkanischem Material mit marinen Sanden oder Schlammablagerungen.

Die vulkanischen Dämpfe, welche die eigentliche Eruption einleiten, begleiten in vielen Fällen auch alle späteren Entwickelungsstadien des Vulkangebietes und können selbst nach dem Absterben der eigentlichen vulkanischen Tätigkeit auf alten oder neuen Wegen an die

Erdoberfläche gelangen. Während in den ersten Phasen der Vulkanbildung neben Wasserdampf und Kohlensäure auch Salzsäure, schweflige Säure, Flußsäure, Borsäure, Arsen, Quecksilber und andere Gase mit aus dem Erdinneren emporgerissen werden (die Katastrophe von Martinique im Jahre 1902 ist durch die Giftigkeit dieser Gase leicht erklärlich), bleiben diese, nur in hoher Temperatur verdampfenden Stoffe beim Erlöschen eines Vulkans in den Tiefen der Erdrinde zurück, und nur heißes Wasser oder Kohlensäure dringen noch bis zur Erdoberfläche empor. Deshalb finden wir in einst tätigen Vulkangebieten so häufig heiße Quellen und Säuerlinge. Die ersteren zeigen dann bei stärkerer Dampfentwickelung die bekannten Sprudelerscheinungen.

In manchen Fällen aber bilden sich in der spaltendurchsetzten Erdrinde Hohlräume, in denen sich der Wasserdampf so lange ansammelt, bis er imstande ist, die darüber lastende Wassersäule herauszuwerfen. Es entsteht dann ein Geysir, wie solche auf Island und Neuseeland, besonders aber im Yellowstone-Park von Nordamerika bekannt sind.

Daß diese heißen Gewässer in der Erdrinde sehr wesentliche chemische und physikalische Veränderungen an den Gesteinen hervorrufen und zur Bildung von Mineral- oder Erzgängen Anlaß geben können, ist leicht einzusehen.

Aufgaben:

121. Wer in einer vulkanischen Gegend wohnt, wird zuerst alle vulkanischen Gesteine sammeln, die auf der geologischen Spezialkarte angegeben sind. Man achte auf die Verbreitung bestimmter Lavagesteine; auf das Vorkommen langgestreckter

Blasenräume (Mandelstein), deren Richtung die einstigen Lavaflüsse zu erkennen erlaubt; suche vereinzelte Blöcke zu einheitlichen Gangzügen zu gruppieren; sammle Einschlüsse fremder Gesteine, die das aufdringende Magma unterirdisch abriß. Ganz besonderes Interesse verdienen die meist nur in versteckten Nestern erhaltenen Tuffgesteine, weil sie erstens oft sehr schöne Versteinerungen enthalten (besonders von Pflanzen, die auf den Abhängen der einstigen Vulkane wuchsen), sodann aber in ihren Bomben sehr interessante Studien anregen. Ein Teil der Bomben stammt aus dem L i e g e n d e n und gibt uns Rechenschaft von dem geologischen Bau der tieferen Teile der Erdrinde (kristallinische Schiefer usw.); andere Bomben stammen von Schichtgesteinen, die während der Eruptionen noch im H a n g e n d e n über die Gegend hinweggebreitet waren und seitdem abgetragen worden sind.

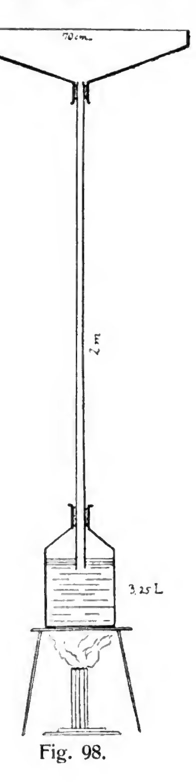


Fig. 98.

122. Ein einfacher Apparat (Fig. 98), um die Tätigkeit eines G e y s i r s nachzuahmen, läßt sich nach A. ANDREAE folgendermaßen herstellen: Ein 1,5 cm breites und 2 m langes Glasrohr trägt oben einen 70 cm breiten flachen Blechtrichter und geht unten durch einen Stopfen in eine starkwandige Flasche von 3,25 Liter Inhalt, die in einem mit Sand gefüllten Teller von unten her durch eine starke Gasflamme (Bunsenbrenner) erhitzt wird. Das Unterende der Röhre muß etwa 2 cm tief in das Wasser tauchen. Das Wasser wird durch einige Tropfen roter Tinte gefärbt. Sobald das Wasser in der Flasche kocht und in dem leeren Raum darüber Dampfdruck entsteht, wird die im Rohre stehende Wassersäule herausgeschleudert und fließt nach einer kurzen Zwischenzeit wieder in die Röhre; nach wenigen Minuten beginnt das Spiel von neuem.



16. Die Schichtenfolge.

Der Beobachter, der die einzelnen Aufschlüsse seiner Heimat untersucht und die darin auftretenden Gesteine nach Struktur und Lagerung studiert hat, muß sich nun, um ein Bild von dem geologischen Aufbau des Landes zu gewinnen, mit der ungleich schwierigeren Aufgabe vertraut machen, alle von ihm beobachteten Gesteine in eine aufeinander folgende Reihe zu bringen. Hierbei sollen

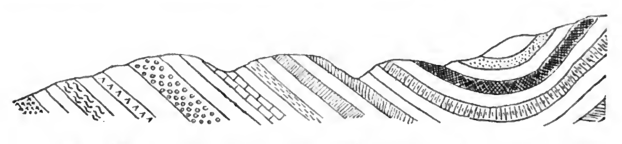


Fig. 99. Profil durch eine Schichtenmulde. Von links nach rechts geht der Beobachter über die flach einfallenden Schichtenköpfe ins Hangende, überschreitet drei Taleinschnitte in weicheren Gesteinen und wandert dann bergauf wieder ins Liegende.

die ältesten, d. h. liegendsten Gesteine zuerst kommen und dann in folgerichtigem Gang die immer jüngeren Bildungen angeordnet werden.

Als Begleitschrift zu jeder geologischen Karte wird in den sogenannten Erläuterungen das Resultat solcher Studien zusammengefaßt, und wer die knappe Darstellung eines solchen Erläuterungsheftes liest, der wird es nicht sofort sehen können, welch mühsame Arbeit darin enthalten ist. Wir können auch hier nur in großen Umrissen zeigen, wie man verfahren muß, um die normale Schichtenfolge einer Gegend festzustellen.

Man beginnt am besten damit, daß man von dem Gestein ausgeht, das in den größten und zahlreichsten Aufschlüssen der Gegend zutage tritt. Steinbrüche und ähnliche künstliche oder natürliche Entblößungen werden oft Gelegenheit bieten, die wirkliche Mächtigkeit dieses Gesteins zu messen und den Umriß des Gesteinskörpers festzustellen. Handelt es sich um ein vulkanisches Gestein, das gangförmig oder durchgreifend gelagert ist, dann wird die weitere Arbeit allerdings sehr erschwert. Man betrachte Fig. 1, wo ein vulkanisches Ganggestein die Schichten durchschneidet und nur an einem einzigen Punkt anstehend beobachtet werden kann; seine Lagerung würde nur nach genauem Vergleich der benachbarten Profile richtig zu deuten sein. Dagegen wird man bei jedem geschichteten Gestein in dem einen oder anderen Aufschluß sicherlich die benachbarten liegenden oder hangenden Schichten entblößt finden oder in einem nahen Wasserriß nachweisen können.

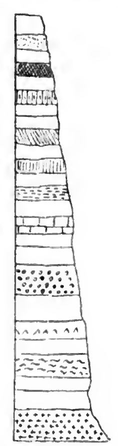


Fig. 100. Senkrechte Anordnung der im vorigen Bild dargestellten Schichtenfolge vom Liegenden zum Hangenden.

Indem wir am Bergabhang aufwärts beobachten, können wir bei horizontaler Schichtenlage und in einem ungestörten Gebiet die normale Folge der hangenden Gesteine bis zum Berggipfel in den verstreuten kleineren Auf-



schlüssen verfolgen, und indem wir bergabwärts beobachten, endlich in der Talsohle die liegendsten Schichten finden.

Wenn wir dann unsere Beobachtungen zusammenfassen, werden wir ein sogenanntes Profil durch den Bergabhang zeichnen können, d. h. einen ideellen Durchschnitt, der die Überlagerung der einzelnen Schichten und ihre Mächtigkeit mit einem Blick überschauen läßt (Fig. 99 u. 100).

Wir versuchen jetzt diese Beobachtungen an einem gegenüberliegenden Bergabhang zu wiederholen und werden dabei vielleicht die auffallende Beobachtung machen, daß in gleicher topographischer Höhe andere Gesteine auftreten. Vielleicht gelingt es uns, eine durch Farbe und Struktur besonders ausgezeichnete Schicht auch an dem anderen Bergabhang wieder zu finden, aber in einer ganz verschiedenen Höhe. Liegt die Schicht bei horizontaler Schichtung tiefer, dann gibt sie uns Gelegenheit, hangende Gesteine, die von dem vorher untersuchten Berg abgewaschen worden sind, zu beobachten. So können wir das Gesamtprofil ergänzen und fortsetzen und werden zugleich zu der Annahme einer direkt nicht sichtbaren Verwerfung oder Faltung geführt, welche die Talsohle durchschneidet. Sind die Schichten nur wenig geneigt, dann geben vielleicht benachbarte Täler Gelegenheit, das Profil nach dem Hangenden und Liegenden zu ergänzen und eine größere Schichtenfolge zu überschauen (Fig. 101). Man wird in diesem Fall auf seinem Wege möglichst das Streichen der Schichten kreuzen und sich in jedem Augenblick darüber klar zu werden suchen, ob man sich ins Liegende oder ins Hangende bewegt.

Es wird aber zugleich dem aufmerksamen Beobachter nicht entgehen, daß in manchen der von ihm unterschiedenen Schichten die Abdrücke oder Schalenüberreste von Pflanzen und Tieren enthalten sind. Man bezeichnet solche als Versteinerungen (oder Fossilien, von fossilis = ausgegraben). Die Wissenschaft, die sich mit den Fossilien beschäftigt, heißt Petrefaktenkunde oder Paläontologie.

Das Wort „Versteinerung“ besagt nicht etwa, daß ein Stück tierischen oder pflanzlichen Gewebes in Stein verwandelt (versteint) worden sei, sondern bedeutet den Überrest einer ausgestorbenen Pflanzen- oder Tierart. So ist das Mammuth im gefrorenen Boden Sibiriens mit Haut und Haaren erhalten, sein Fleisch, Eingeweide und Mageninhalt sind kaum verändert — und doch spricht man hier von einer echten Versteinerung. Die im Bernsteinharz eingeschlossenen Insekten sind selbst völlig verschwunden, nur ein lufterfüllter Hohlraum ist übrig geblieben — aber dennoch sind es wahre Fossilien Auch die früher genannten Fußabdrücke großer Salamander sind in diesem Sinne Versteinerungen.

Während man die Tiere und Pflanzen der Gegenwart als recent (recens = neu) bezeichnet, sind die ausgestorbenen Organismen der Vorzeit fossil, und nur da, wo z. B. durch eine junge Hebung der Küste, kürzlich gebildeter Meeresboden mit den darauf lebenden Schaltieren trocken gelegt worden ist, muß man das Wort subfossil anwenden. In der Mehrzahl der Fälle ist von dem ausgestorbenen Wesen nur ein Abdruck im Gestein übrig geblieben, die abgeformte organische Substanz selbst ist verschwunden. Die Abformung der



äußeren Oberfläche nennt man Abdruck, die Ausfüllung des inneren Hohlraums aber Steinkern. Der oft leere Zwischenraum zwischen beiden war einst von der später aufgelösten Schneckenschale o. Ä. eingenommen; oftmals ist er, ganz ähnlich wie die Spalten im Gestein, durch chemische Neubildung von Kalk, Kieselsäure, Metallsalzen usw. wieder ausgefüllt.

Die Pflanzensubstanz von Blättern wurde oftmals in Kohle verwandelt, in anderen Fällen ist sie gänzlich verwest, und nur der Abdruck der Blattnerven ist im Gestein zurückgeblieben. Die Knochen großer Wirbeltiere wurden durch die Sickerwässer weich und mürbe, sie müssen in der Regel sorgfältig mit Leim getränkt werden, ehe man sie aus dem Gestein herauspräparieren kann. Die Schalen und Panzer der meisten Meerestiere aber bestehen aus einer sehr widerstandsfähigen Kalkmasse und eignen sich deshalb besonders gut für die geologische Erhaltung. Selbst wenn ihre Substanz völlig aufgelöst wurde, so hinterließen sie doch meist einen scharfen Abdruck oder Steinkern auf der Oberfläche der Gesteine oder können aus der Gesteinsmasse gut herauspräpariert werden.

Der Anfänger wird leicht in die Gefahr kommen, zufällige unorganische Gebilde mit wirklichen Versteinerungen zu verwechseln. So sind manche enge Gesteinsklüfte von den Klufträndern aus mit zierlichen dunkeln, moosähnlichen Zeichnungen bedeckt, die als Dendriten bezeichnet werden und durch chemische Ausscheidung von Eisen- oder Mangansalzen entstanden. Schlangenähnliche Wülste auf der Oberfläche von Schichtentafeln oder gerunzelte Rinnen sind wahrscheinlich die Kriech-

spuren von Weichtieren; auch der Verwitterungsvorgang modelliert oft „Figurensteine“, die einem Tier oder einer Pflanze ähnlich sehen. Aber solche „Naturspiele“ haben mit organischen Formen nichts zu tun. Man kann sich vor Täuschung hüten, wenn man erwägt, daß die meisten wirklichen Versteinerungen aus einer anderen (gewöhnlich härteren) Masse bestehen, als das Gestein, und sich von diesem in der Regel durch eine ganz scharfe Grenze abheben. Auch darauf wird man Rücksicht nehmen, daß Naturspiele fast immer vereinzelt, Versteinerungen aber meist in derselben Gestalt wiederholt in einer bestimmten Schicht auftreten. Sodann wird man die Abbildungen von Fossilien zu Rate ziehen müssen, die in den S. 8 bis 10 unter I, III und V aufgezählten Lehrbüchern zu finden sind.

Manche Fossilien finden sich in mehreren aufeinander folgenden Schichten, andere sind auf ganz bestimmte Lagen beschränkt und kehren weder in liegenden noch in hangenden Schichten wieder. Solche für eine bestimmte Schicht bezeichnende Formen nennt man: Leitfossilien.

Es ist eine überaus wichtige Aufgabe, sich darüber klar zu werden, welche von den verschiedeneu Überresten als leitend zu bezeichnen sind. Denn mit ihrer Hilfe können wir selbst da, wo die Aufschlüsse unvollständig sind, und der Schichtenverband nicht lückenlos überschaut werden kann, an vereinzelten, fossilführenden Lesesteinen nachweisen, daß eine bestimmte Schicht vorhanden sein muß. Wir dürfen nur dabei nicht vergessen, daß durch den Verwitterungsprozeß und das Absinken des Gehängeschuttes je nach der Steilheit der Böschung die betreffenden Bruchstücke ein großes Stück talabwärts gerollt sein können.



Die Leitfossilien kürzen also unsere Arbeit wesentlich ab und ermöglichen uns auf der Exkursion eine rasche Orientierung. Viele von ihnen sind für bestimmte Schichtenkomplexe so bezeichnend, daß man diese nach ihnen benennt und Kalksteinlagen mit einer Ammonitenschale (Ceratites nodosus) als Nodosenschichten, Sandsteine mit den Fußabdrücken eines großen Salamanders (Chirothe-

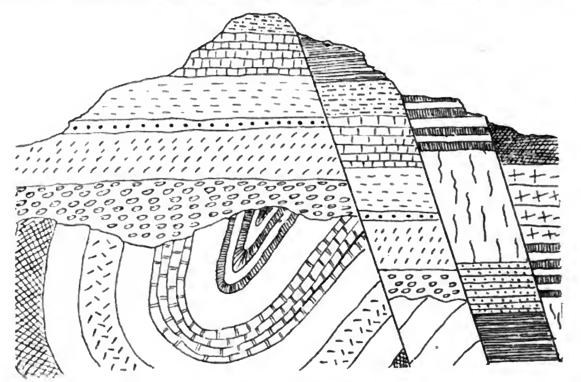


Fig. 101. Profil durch ein gefaltetes Grundgebirge, das diskordant von jüngeren Schichtentafeln überlagert wird, die durch spätere Verwerfungen in Stücke zerlegt und gegeneinander verschoben wurden.

rium) als Chirotherienschichten bezeichnet. In den Lehrbüchern der Geologie sind die wichtigsten dieser Leitfossilien abgebildet und ihr Vorkommen in bestimmten Schichten der Erdrinde tabellarisch verzeichnet. Man nennt eine durch Fossilien bezeichnete Schicht oder Schichtengruppe: einen geologischen Horizont.

Aber selbst wer nicht im Besitz eines Lehrbuches

ist und seine Studien nicht über die engere Heimat hinaus ausdehnen kann, dem wird es bei seinen Wanderungen immer Freude bereiten, wenn er ein ihm wohlbekanntes Fossil wiederfindet und denselben Horizont dadurch nachweisen kann.

Die Leitfossilien werden aber zu den unumgänglich notwendigen Hilfsmitteln der geologischen Arbeit, wenn wir eine stark gestörte Gegend untersuchen. Die zahlreichen Schichtenbiegungen, deren Zusammenhänge oft durch Wald und Ackerboden verhüllt sind, häufige Verwerfungen, die den Schichtenverband zerreißen, aber in keinem Aufschluß überschaut werden können, würden es unmöglich machen, die Schichtenfolge zu erkennen, wenn wir nicht fossilführende Horizonte zur raschen Orientierung benutzen könnten.

Nun sind gerade die gestörten Gebiete dadurch besonders wichtig, daß auf kleinem Raum sehr verschiedenartige Formationen, mit anderen Worten eine sehr lange Schichtenfolge, zusammengedrängt worden ist. Die vielfach zerrissenen, aneinander verschobenen, in Falten gelegten Gesteine sind oft nur in kleinen Resten (Fig. 100) sichtbar, und doch gelingt es, ihre normale Aufeinanderfolge in einem großen Gesamtprofil (Fig. 101) darzustellen.

Fig. 102. Normale Ueberlagerung der verschiedenen, in Fig. 101 aufgebauten Gesteine (die hangendste und die liegendste Schicht fehlt hier).

Aber selbst wenn die Mannigfaltigkeit der geologischen Erscheinungen gering ist, wenn sich nur wenige Gesteinsmassen (Glieder) überlagern, muß man eine „Gliederung“ der Gesteinsreihe versuchen und die Einschaltung fossilführender Schichten mit besonderer Sorgfalt prüfen; denn die Fossilien erlauben uns nicht allein die räumliche Aufeinanderfolge geschichteter Gesteine zu erkennen, sondern sie sind zugleich die wichtigsten Dokumente für die früheren geographischen und klimatischen Zustände unserer Heimat.

Wenn wir in einem bestimmten Gestein eine große Zahl von Fossilien finden, deren noch lebende Verwandte nur im Meere gedeihen, dann wissen wir, daß ein ehemaliger Meeresboden vor uns liegt, und wenn ein Sandstein die Abdrücke von Palmblättern enthält, dann beweisen diese, daß zur Zeit der Bildung des umhüllenden Gesteins ein warmes Klima bei uns herrschte.

In langer mühseliger Arbeit haben die Geologen die gesetzmäßige Aufeinanderfolge der Erdschichten fast überall untersucht und bestimmte Namen zu deren Bezeichnung gewählt. Manche dieser Namen gingen von der Beschaffenheit eines bestimmten, bezeichnenden Gesteins, andere von berühmten Fundpunkten oder historischen Namen aus; aber man muß sich darüber klar sein, daß alle diese sogenannten Formationsnamen jetzt nicht mehr sinngerecht sind. Niemand denkt daran, daß der 10. Monat unserer Zeitrechnung früher einmal der 8. Monat des Jahres war und deshalb noch heute den Namen „Oktober“ trägt; so sind auch die Worte „Steinkohle“-, „Muschelkalk“-, „Kreide“-formation, nicht mehr sinngemäß, denn es gibt in der „Steinkohlen“-formation weiße Kalke, im „Muschelkalk“ muschel-

leeres Steinsalz und in der „Kreide“ schwarze Kohlenlager. Die in der nachfolgenden Tabelle aufgezählten Namen bezeichnen also *Bildungen verschiedener Zeiträume* und *nicht bestimmte Gesteinsarten*:

Formationstabelle:

Formation	Abteilung
10) Gegenwart:	Alluvium (alluvial) recent
	Diluvium (diluvial, eiszeitlich)
9) Tertiär:	d) Pliocän
	e) Miocän (Braunkohlen)
	b) Oligocän (Braunkohlen)
	a) Eocän
8) Kreide:	e) Senon (Schreibkreide)
	d) Turon (viele Quadersandsteine)
	c) Cenoman (Grünsand)
	b) Gault
	a) Neocom (Wälderkohlen)
7) Jura:	c) Malm (weißer Jura)
	b) Dogger (brauner Jura)
	a) Lias (schwarzer Jura)
6) Trias:	c) Keuper (unterer = Lettenkohle)
	b) Muschelkalk
	a) Buntsandstein (oberer = Röt)
5) Perm:	b) Zechstein
	a) Rotliegendes
4) Carbon:	b) oberes (Kohlenlager, viele Granite)
	a) unteres (Dachschiefer, Culm)
3) Devon	
2) Silur	
1) Cambrium	
Kristallinische Schiefer.	



Aufgaben:

123. Bestimme die Schichtenfolge des heimatlichen Bodens mit Angabe der Mächtigkeit der Schichten und der darin häufigen Versteinerungen.

124. Sammle Leitfossilien, bestimme im Profil genau die obere und untere Grenze ihres Vorkommens.

125. Um Dendriten künstlich nachzuahmen, überziehe ein Stück Papier mit einer dünnen Schicht von Stärkekleister und lasse nach dem Trocknen Tropfen von Tusche, Tinte oder Wasserfarbe darauffließen.

126. Um die Schichtenfolge und den tektonischen Verband der heimatlichen Gesteine darzustellen, hat man vielfach den Versuch gemacht, eine sogenannte „geologische Wand" aus natürlichen Felsstücken aufzumauern. So nützlich und lehrreich auch der Aufbau eines solchen Profils ist, so schädlich kann es werden, wenn es fortan statt der natürlichen Aufschlüsse dem Unterricht zu Grunde gelegt werden soll. Denn es kann immer nur ein Notbehelf für die Beobachtung in der Natur sein und wird den Schüler leicht zu Mißverständnissen führen.

17. Das Kartenbild.

Wenn wir die Schichtenfolge unserer Heimat erkannt haben, dann tritt eine zweite, fast noch schwierigere Aufgabe an uns heran. Wir sollen die in den einzelnen Aufschlüssen sichtbaren Gesteine nach ihrer Verbreitung im Gelände verfolgen. Selbst wenn die Gegend aus horizontalen Schichten aufgebaut ist, entsteht bei dem Versuch, die aus dem gleichen Gestein aufgebauten Flächen der Erdrinde mit demselben Zeichen oder derselben Farbe auf der Karte zu bezeichnen, ein seltsam geflecktes Bild; denn die mannigfaltige Gestalt von Berg und Tal läßt bald die eine, bald die andere Schicht an der Erdoberfläche erscheinen, und es gehört ein besonderes Studium dazu, selbst eine geologisch ganz einfache Karte zu lesen. Das beste Mittel, um sich dazu fähig zu machen, ist: daß man einmal selbst versucht, ein noch so kleines Stück

geologisch zu kartieren. Wie man dabei zu verfahren habe, läßt sich allerdings schwer aus einem Buche lernen, doch dürfte eine kurze Anleitung immerhin nützlich sein.

Voraussetzung ist, daß man die Schichtenfolge der Gegend vollkommen kennt. Man muß genau wissen, wie sich die Gesteine überlagern und muß die fossilführenden Horizonte sorgfältig durchklopft haben. Dann

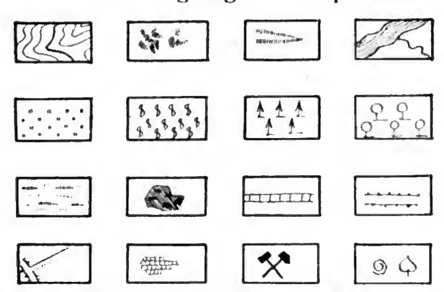


Fig. 103. Die wichtigsten Signaturen der topographischen Karte:

Isohypsen	Felsen	Wegeinschnitt	Fluß
Wiese	Weinberg	Nadelwald	Laubwald
Weideland	Ortschaft	Eisenbahn	Landstraße
Nebenstraße	Steinbruch	Bergwerk	Versteinerungen

suche man sich mit der geographisch-topographischen Karte der Gegend vertraut zu machen, da sie als Unterlage für die geologische Aufnahme dient.

Der größte Teil von Deutschland ist durch die Beamten des Generalstabs vermessen worden, und die sogenannten Meßtischblätter stellen je eine Fläche von etwa 10 km ins Quadrat (100 qkm) dar. Jedes Meßtischblatt ist nach dem größten darauf gelegenen Ort (oder in den Alpen nach dem höchsten Berg) benannt.



Auf solchen Karten sind das Relief des Geländes und eine Reihe von anderen geographischen Tatsachen im Maßstabe von 1 : 25 000 dargestellt, d. h. eine Strecke von 1 km Länge ist auf der Karte 4 cm lang. (Da es auch Kartenaufnahmen z. B. im Maßstabe 1 : 100 000 gibt, so muß man sich zuerst über die Größe des Maßstabes klar werden.) Ein auf der Karte angebrachter Maßstab ermöglicht, die dargestellten Längen mit dem Zirkel direkt abzugreifen.

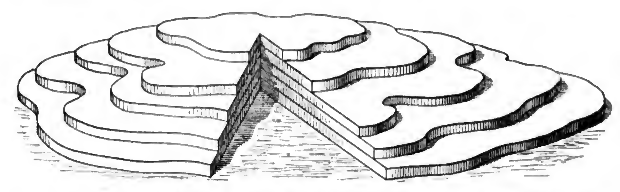


Fig. 104. Modell zur Verdeutlichung der Terrassen, in die man sich eine Landschaft zerlegt denkt, welche in einer Isohypsenkarte dargestellt ist.

Die wichtigsten Zeichen oder Signaturen, mit denen Straßen, Wege, Orte, Wiese, Wald u. s. w. bezeichnet werden, sind aus Fig. 103 zu ersehen.

Neben diesen in der Fläche liegenden oder gedachten Einzelheiten des Landschaftsbildes soll aber auch die Gestalt des Geländes nach Berg und Tal auf der Karte dargestellt werden, und dazu bedient man sich auf den deutschen Meßtischblättern der Linien gleicher Höhe oder Isohypsen, die, oft in einem besonderen Farbenton gedruckt, das Blatt überziehen. Bei den älteren Aufnahmen hat man in Abständen von je 25 Fuß, bei den neueren je nach der Steilheit von 1, 5, 10, 20 m eine

horizontale Linie um jeden Bergabhang gezogen, die alle gleich hohen Punkte miteinander verbindet. Einzelne Linien (von 20 m oder 100 Fuß) werden etwas stärker ausgezogen und durch Höhenzahlen bezeichnet.

Das Kartenblatt erweckt dadurch den Eindruck (Fig. 104), als ob die ganze Landschaft aus Terrassen von gleichem Abstand aufgebaut wäre, deren Kanten durch die Isohypsen umzogen sind. Würde man eine solche terrassierte oder aus Stufen gleicher Höhe aufgebaute Landschaft aus der Vogelschau betrachten, so sähe man bei flacher Böschung die Kanten der Stufen weit voneinander entfernt, bei steiler Böschung würden sie immer näher aneinander treten und an senkrechten Wänden sich decken.

Ein Blick auf die Karte genügt also, um aus dem Abstand der Isohypsen sofort die Steilheit eines Abhangs abzulesen. Sehr steile Böschungen müssen durch Strichelung (Schraffur) besonders hervorgehoben werden, da die dicht gedrängten Isohypsen miteinander verschmelzen würden.

Mit dem Meßtischblatt in der Hand besucht man nun zuerst solche Aufschlüsse, die entweder ein größeres Stück der Schichtenfolge entblößen oder so nahe aneinander liegen, daß sie einem Teil der Schichtenfolge entsprechen, und trägt auf der Karte durch besondere Zeichen die aufgeschlossenen Glieder der Schichtenfolge ein.

Dazu eignen sich am besten Farben, und um jederzeit dasselbe Gestein oder denselben Horizont mit der gleichen Farbe bezeichnen zu können, empfiehlt es sich, vor Beginn der Arbeit am Kartenblatt eine geologische Legende anzubringen, d. h. eine Anzahl gleich großer



Vierecke, in die man mit Kreidestift oder Wasserfarben die dem Schichtenprofil entsprechenden Farben vorher einträgt und mit einem erklärenden Wort versieht.

Eine geologische Karte soll zweierlei darstellen: Zuerst die beobachtete Verbreitung eines bestimmten Gesteins oder einer durch Leitfossilien bezeichneten Gesteinsreihe, und zweitens die Grenzen gegen benachbarte Schichtenglieder. Da diese Grenzen nur selten in guten Aufschlüssen sichtbar sind, gehört große Übung und ein sicherer Blick dazu, um zwischen den Aufschlüssen auf dem mit Lesesteinen überrollten Gelände die unterirdische Lage der Grenze so genau festzustellen, daß man sie auf der Karte eintragen darf.

Wenn man erwägt, daß an der Böschung aller Verwitterungsschutt herabgleitet und ein Saum von verstreuten Lesesteinen oft mehrere Meter bis unter die Grenze reicht, dann kann man sich klar machen, daß selbst bei der sorgfältigsten Aufnahme, sofern nicht eine große Anzahl von Bohrungen oder natürlichen Aufschlüssen zur Verfügung stehen, gewisse Fehler bei der Grenzbestimmung der Gesteine gegeben sind. Deshalb kann jeder Freund der Geologie durch neue Aufschlüsse in die Lage kommen, eine mehr oder minder wichtige Verbesserung der geologischen Kartenaufnahme herbeizuführen; sei es, daß ein kleines Gesteinsvorkommen, unter Gehängeschutt verdeckt, der Beobachtung entgangen war oder eine Grenze unterirdisch etwas anders verläuft.

Im allgemeinen aber möchten wir davor warnen, bei Benutzung einer geologischen Karte allzu rasch an Beobachtungsfehler des Verfassers zu denken; denn es gehört schon einige Übung dazu, um als Nichtgeologe alle

auf der Karte dargestellten Tatsachen überhaupt wiederzufinden. Hat man einmal versucht, einen schon kartierten Bergabhang ohne Benutzung des fertigen Kartenblattes geologisch zu kolorieren, dann wird man durch den Vergleich seiner Arbeit mit diesem die eigenen Beobachtungsfehler rasch einsehen, und man hat viel gelernt für die Beurteilung geologischer Kartenaufnahmen.

Beim Studium geologischer Karten wird der Anfänger besonders darin Schwierigkeiten sehen, daß die verwitterte Schuttdecke, welche in bergigen Gebieten den Felsboden verhüllt, bald eingetragen, bald weggelassen ist. Wir nennen den letzteren Fall „abgedeckt", und während man früher alle geologischen Karten abdeckte, ist man neuerdings aus praktischen und wissenschaftlichen Gründen bemüht, die Schuttdecke möglichst auch mitdarzustellen. Sobald die Mächtigkeit des Schuttes einige Meter erreicht, muß eine dem „Alluvium" angehörige Farbe oder Schraffur über den Untergrund gelegt werden. Dadurch erhalten neuere Karten ein sehr fleckiges Aussehen, und die Zusammenhänge des darunter anstehenden Gesteins sind oft schwer zu überschauen.

Besonders interessante Vorkommen werden auch dann auf der Karte dargestellt, wenn sie so klein sind, daß der Maßstab der Karte ihre Unterscheidung eigentlich unmöglich machen würde. So werden einzelne erratische Blöcke, schmale Eruptiv- oder Erzgänge u. a. vergrößert auf der Karte eingetragen.

Aufgaben:

127. Lege dir eine Sammlung sämtlicher auf dem geologischen Kartenblatt der Heimat unterschiedenen Gesteinsarten an. Die Stücke müssen allseitig frische Bruchflächen und

möglichst denselben Umriß (Format) haben. Jedes Stück muß auf einer beigelegten Etikette benannt und sein Fundort genau eingetragen sein.

Zur Aufbewahrung der Stücke dienen am besten kleine Pappkästen. Steine dürfen niemals unverpackt in Kistchen übereinander geschichtet werden.

128. Ordne die Stücke in historischer Reihenfolge nach dem Erläuterungsheft, das der geologischen Karte beiliegt.

129. Ordne alle charakteristischen Leitfossilien zu den sie umhüllenden Gesteinen.

130. Breitet man nach dem Versuch No. 83 über die eng zusammengeschobenen, liegenden Falten weitere horizontale Tuchstreifen, vielleicht von grüner Farbe, dann kann man die diskordante Überlagerung (vergl. S. 186) gut veranschaulichen.

131. Pause dir von der geologischen Spezialkarte der Heimat ein Stück des topographischen Unterdruckes durch, (ohne Angabe der Gesteinsgrenzen) und versuche das Gelände nach den Aufschlüssen im Freien, selbst geologisch zu kartieren.

132. Zeichne ein Stück der heimatlichen Landschaft von einem Aussichtspunkt aus, und ergänze es in der auf Fig. 71 versuchten Weise durch das geologische Profil.

Wer die Freude kennen gelernt hat, die eine Sammlung selbstgefundener Stücke bereitet, der wird bemüht sein, dieselbe immer mehr zu vervollständigen. Aber der Sammeleifer kann auch dahin führen, daß man über dem Sammeln die eigentlichen wissenschaftlichen Ziele vergißt. Freigebig bietet uns die Natur ihre Schätze, und wer sie findet, der soll seinen Überfluß mit anderen teilen. An der Hand der öffentlichen Sammlungen ist die geologische Wissenschaft aufgeblüht; wer jene Sammlungen vermehren hilft, der unterstützt die wissenschaftliche Forschung und das Bildungsstreben des Volkes. So kann jeder leicht seinen Dank abstatten für das Glück, das ihm aus dem ewig unerschöpflichen Jungbrunnen der Natur entgegenströmte.

18. Die Zeitfolge.

Jedes Gestein ist die Wirkung von gesteinsbildenden Vorgängen, und jedes Schichtengestein bildete zur Zeit seiner Entstehung vorübergehend die äußerste Decke der Erdoberfläche, umhüllt von Luft, Wasser oder Eis. Sei es, daß eine Sandschicht durch den Wind auf einen Dünenhügel getragen wurde, eine Sandlage über den

Meeresgrund gebreitet ward, eine Kalksteinschicht aus zerbrochenen Muschelschalen entstand oder eine Torfschicht aus verwestem Pflanzenmoder gebildet wurde; wenn ein dampfender Vulkan seine Aschen weit über das Land streute; wenn ein Gletscher große Mengen von erratischem Schutt aus dem Gebirge in die Ebene trug — jedesmal entstand eine Gesteinsdecke, welche die Erdrinde auf ihrem Bildungsraum verdickte.

Die genannten Beispiele lassen zugleich erkennen, daß die Verschiedenheit der Gesteine durch die verschiedene Art ihrer Bildung verursacht ist, und damit tritt an den Geologen die letzte Aufgabe heran, die Entwicklungsgeschichte eines Landes zu untersuchen und festzustellen.

Diese Arbeit setzt so viele Kenntnisse auf den verschiedensten Gebieten voraus und kann nur auf Grund eines so reichen Beobachtungsmaterials gesicherte Resultate geben, daß der Laie nicht imstande ist, aus eigener Kraft selbst für seine kleine Heimat ein abgerundetes Bild der Entwicklungsgeschichte zu zeichnen. Er wird sich damit begnügen müssen, die von fachmännischer Seite gezogenen Schlüsse an den Aufschlüssen seiner Heimat nachzuprüfen und zu ergänzen.

Wir wollen daher auch nur einige Fingerzeige geben, wie sich die Schichtenfolge in eine Zeitfolge oder Geschichte verwandeln läßt.

Jedes hangende Schichtengestein ist jünger als das liegende, und wenn die Schichten Versteinerungen enthalten, so entsprechen die in aufeinander folgenden Schichten gefundenen Reste den lebenden Wesen, die zur Zeit der Bildung des umhüllenden Gesteins bei uns nacheinander gelebt haben.



Man muß dabei allerdings bedenken, daß in Störungsgebieten das Liegende über dem Hangenden anstehen kann, und daß man nur anstehend gefundene Fossilien in diesem Sinne deuten darf; denn die Versteinerungen erratischer Blöcke, vulkanischer Bomben oder weit verfrachteter Flußgerölle gehören nicht zum Lebensbereich des Fundortes.

Aber wo wir in anstehenden Schichten nicht abgerollte Überreste von Pflanzen und Tieren finden, wo neben den Blättern die Stämme und Wurzeln, neben den Schädelknochen die übrigen Skeletteile, wo die zarten Verzierungen der Muschelschalen, die Gehäuse der Seeigel, die Stöcke der Korallen aus dem anstehenden Gestein geschlagen werden können, da haben wir ein Recht, unsere Funde als Zeugen der Vorzeit zu beurteilen.

Drei Tatsachengruppen werden hierbei unser Interesse besonders erwecken: Zuerst der Nachweis von Meerestieren in einer jetzt fern vom Meer gelegenen Gegend. Wir werden dabei der gewaltigen Veränderungen gedenken, die unsere Erde im Laufe der Vorzeit erlitten hat. Wir werden im Geiste auf dem alten Meeresboden umherwandern, werden, indem wir unsere Sammlungen vermehren, ein immer vollständigeres Bild der darauf lebenden Tierwelt gewinnen. Wir werden aus der Größe der Versteinerungen erkennen, ob Jung und Alt nebeneinander gelebt hat, und aus ihrem Zahlenverhältnis, welche Formen sich am wohlsten fühlten. Der vereinzelte Zahn eines räuberischen Haifisches oder Reptils wird uns zeigen, daß auch damals ein rauhes Schicksal in friedliche Lebensbezirke eingriff, und wir werden an-

geregt, unseren Sammeleifer zu verdoppeln, um vollständigere Reste des seltenen Räubers zu erwerben.

Eine zweite Gruppe von interessanten Schlüssen knüpft sich an den Nachweis von Resten solcher Pflanzen, die entweder ganz ausgestorben sind oder gegenwärtig nur in anderem Klima leben. Sie begleiten gewöhnlich die Kohlenlager, finden sich aber auch oft in Sandsteinen und Tonen. Wir werden nach Wurzelstöcken suchen, um zu entscheiden, ob jene Pflanzen hier gewachsen sind; ihre lokale Häufigkeit, der Erhaltungszustand zerbrochener Blätter wird uns die Standorte der Flora vermuten lassen. Wir werden die Zusammengehörigkeit verschiedengestalteter Blattreste an besonders gut erhaltenen Fundstücken prüfen und den einstigen Habitus der Pflanze zum Vegetationsbild zusammenstellen.

Finden wir dazwischen vereinzelte Insektenflügel, Knochen und Schuppen von Fischen und Kriechtieren oder auch nur deren Fährten, dann werden wir die fremdartigen Wälder sich in wunderbarer Weise beleben sehen.

Eine dritte Gruppe von erdgeschichtlichen Erscheinungen knüpft sich an die Lagerungsweise der Gesteine an. Wir haben zuerst die Verbreitung von vulkanischen Gängen und Decken zu prüfen, die als Porphyr, Grünstein, Melaphyr oder Basalt den geschichteten Felsarten zwischen- oder aufgelagert sind. Sie sind die Wirkungen vulkanischer Kräfte und legen unzweideutig Zeugnis dafür ab, daß da, wo wir jetzt friedlich leben, dereinst die Gewalten der Unterwelt zerstörend eingriffen, daß die Erde bebte, glühende Lava ausfloß und hohe Aschensäulen emporjagten.



Die Häufung der vulkanischen Gesteine in einzelnen Abschnitten der Schichtenfolge wird uns ermessen lassen, wann die vulkanische Tätigkeit einsetzte, gipfelte oder erlosch; die Größe der in alten vulkanischen Tuffen zusammengebackenen Aschenteile wird uns die Nähe der alten Kratermündung erkennen lassen; die Richtung langgezogener Blasenräume in den ergossenen Lavaströmen

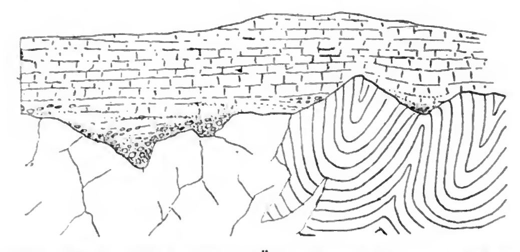


Fig. 105. Diskordante Überlagerung eines gefalteten (rechts) und von plutonischen (links) Massen durchsetzten Grundgebirges durch geschichtete Gesteine, die mit einer lokalen Anhäufung von Konglomerat und unregelmäßig geschichteten Sandsteinen beginnen, und erst allmählich in wohlgeschichtete Decken übergehen.

läßt uns schließen, von welcher Seite der Strom geflossen kam.

Endlich ist im Schichtenbau Deutschlands eine überaus interessante Lagerung mehrfach zu beobachten, die wir als unregelmäßig oder übergreifend bezeichnen (diskordant). Dann liegen die Schichten nicht regelmäßig, wie die Blätter eines Buches übereinander, sondern ein Schichtenstoß oder Gesteinsverband endet mit unregelmäßiger Oberfläche (Fig. 105), eine jüngere Gesteinsmasse füllt die Unebenheiten aus, und dann erst breiten sich

wieder die horizontalen Decken darüber. Solche diskordant übergreifende Gesteine beginnen dann oft mit einem Konglomerat, das aus den Bruchstücken aller liegenden Felsarten zusammengesetzt ist, und in seinem Bindemittel die Versteinerungen einer neuen Zeit enthält. Bestehen diese aus Meeresbewohnern, dann haben wir vor uns die Wirkungen eines ein Festland erobernden Meeres. Wir sehen, wie die Brandung an den felsigen Klippen genagt und sie zertrümmert hat, wie endlich aus dem liegenden Grundkonglomerat bei Zunahme der Meerestiefe die ruhige Schichtenfolge neuer Meeresablagerungen entstand.

In der Regel liegen die jüngsten Ablagerungen des Diluvium und Alluvium diskordant über den älteren Gesteinen, und selbst wo sie scheinbar konkordant auf horizontalen Muschelkalk- oder Quadersandsteinschichten liegen, wird man die übergreifende Lagerung ohne Mühe im weiteren Verlauf des Profils nachweisen. Viel interessanter aber ist es, wenn wir im Verband älterer Schichten eine ungleichartige Überlagerung entdecken (Perm auf Carbon in Thüringen oder Cenoman auf Grundgebirge in Sachsen).

Wenn wir aber Ablagerungen der oberen Steinkohlenzeit, des Rotliegenden oder Zechsteins in weiter Ausdehnung auf dem unebenen Grundgebirge beobachten, enthüllt sich ein großartiges geologisches Schauspiel vor unseren Blicken. Wir sehen die ursprünglich horizontalen Gesteine in Falten gelegt und zu hohen Gebirgsketten zusammengeschoben; diese Faltenketten aber wurden durch Verwitterung und Abtragung wieder eingeebnet, ehe sich jüngere Schichten darüber breiteten.

Indem wir uns auf diese Weise bemühen, die

Schichtenfolge unserer Heimat als Wirkungen großer erdgeschichtlicher Vorgänge zu betrachten, und ohne Vorurteil, aber zugleich mit Achtung vor der zwingenden Wahrheit naturwissenschaftlicher Tatsachen, die sich daraus ergebenden Schlüsse ziehen, werden wir aus allen unseren geologischen Beobachtungen sehr bald das ungeheuere Alter der Erde erkennen. Wenn Hunderte von Metern bunter Sandsteine übereinanderlagern, werden wir notwendig schließen, daß Tausende von Jahren zu ihrer Bildung nötig waren; wenn in einer Kalksteinbank zahlreiche Generationen von Muschel- oder Brachiopodenschalen angehäuft sind, müssen wir bedenken, welch lange Zeit zu ihrem Wachstum nötig war, und wenn wir uns darüber klar geworden sind, daß Kohle vermoderte Pflanzensubstanz ist, dann werden wir unabweisbar zu der Überzeugung gedrängt, daß jede Kohlenschicht aus ganzen Geschlechtern von uralten Waldbäumen besteht.

Genau dieselben Schlüsse ergeben sich aber auch, wenn wir die Bildung unserer Täler oder die Modellierung der Berge betrachten, wenn wir an einem Granitberg oder in einer diskordanten Überlagerung die große Masse des jetzt fehlenden, dereinst abgetragenen Gesteins zu schätzen versuchen.

Es handelt sich hierbei nicht um Vermutungen, nicht um unbeweisbare Hypothesen, sondern um lautere Wahrheit, um Tatsachen, deren zwingender Gewalt wir uns nicht entziehen können.

Aber eines vermag der Geologe nicht, und gerade das scheint dem Laien besonders wertvoll: ganz genau nach Jahrtausenden anzugeben, wie lange Zeit der eine oder andere geologische Vorgang gedauert hat. Alle

Versuche, die man unternommen hat, um solche Vorgänge nach menschlicher Weise zeitlich zu schätzen, scheiterten daran, daß es nicht möglich ist, die Lebensdauer eines längst verstorbenen Tieres, die Wachstumsgeschwindigkeit einer ausgestorbenen Kohlenpflanze, die Geschwindigkeit der Schlammbildung in einem uralten Delta oder die Dauer der Hebung eines Gebirges zu schätzen. Ungeheuer lange Zeiträume treten uns in der Geologie auf Schritt und Tritt entgegen, aber niemand vermag zu behaupten, ob zu ihrem Abschluß 30 oder 60 Millionen Jahre nötig waren. Wir sind der festen Überzeugung, daß die Naturkräfte in allen geologischen Perioden in ähnlicher Weise tätig waren, daß das Meer der Vorzeit dieselben blauen Wellen zeigte wie unser heutiger Ozean, daß die Korallen der älteren Perioden in derselben bunten Farbenpracht schimmerten, und daß die Wälder der Steinkohlenzeit von demselben Blattgrün gefärbt waren, wie unsere heutigen Pflanzen. Die Tätigkeit eines längst ausgetrockneten Wasserfalles läßt sich nach dem Sturz des Rheinfalles, die Wirkung eines verschwundenen Gletschers nach den heutigen Alpengletschern beurteilen. Ein uralter Vulkan sandte dieselbe Aschensäule in die Lüfte wie der dampfende Vesuv, und die verhärteten Sandschichten der Triasperiode lassen sich ungezwungen mit den Dünenregionen der jetzigen Wüsten vergleichen. Aber jeder Versuch, diese Erscheinungen nach Menschenaltern zu berechnen, trägt den Stempel der Unwahrscheinlichkeit an der Stirn.

Dagegen kann die historische Geologie mit aller Genauigkeit und Sicherheit das r e l a t i v e A l t e r einer geologischen Erscheinung feststellen. Wir wissen ganz



genau, daß das eine Ereignis früher als ein anderes erfolgte, wir kennen die Reihenfolge der Leitfossilien so gut, daß wir mit aller Bestimmtheit sagen können, wann gewisse Tiere das Weltmeer belebten, oder bestimmte Pflanzen auf den Kontinenten wuchsen. Nichts kehrt wieder, und auf dem Grab früherer Generationen blüht immer ein neues Leben auf.

Wenn wir bei unseren geologischen Beobachtungen immer wieder auf diese reiche Schöpfungskraft der Natur aufmerksam werden, wenn die ehernen Gesetze des Naturgeschehens neben dem Verfall uns stets ein neues Blühen hervorzaubern, dann strömt uns selbst neue Kraft in die Seele. Dann werden wir aus dem engen Bezirk unseres Lebenskreises und dem kurzen Zeitabschnitt unserer Lebensdauer hinausgeführt in unendliche Durchblicke des Raumes und der Zeit, die einen erhabenen Hintergrund bilden für die Pflichten unseres Tagewerks.

Literatur für geologische Exkursionen.

Nachdem man die wichtigsten geologischen Erscheinungen in der Heimat studiert und sich durch die Übungsaufgaben im Beobachten geübt hat, kann man auf Ausflügen und Ferienreisen die gewonnenen Erfahrungen verwerten und erweitern. Dazu ist aber das Studium der einschlägigen Spezialliteratur unumgänglich notwendig; denn selbst die besten Lehrbücher sind dafür nicht ausreichend.

Als Übersichtskarte dient:

R. Lepsius, Geolog. Karte d. Deutsch. Reiches. Gotha, J. Perthes. 27 Blätter[1]).

1. Schleswig, 2. Stralsund, 3. Rügenwalde, 4. Danzig, 5. Königsberg, 6. Emden, 7. Hamburg, 8. Schwerin, 9. Stettin, 10. Bromberg, 11. Allenstein, 12. Münster, 13. Hannover, 14. Berlin, 15. Frankfurt a. O., 16. Posen, 17. Köln, 18. Frankfurt a. M., 19. Dresden, 20. Görlitz, 21. Breslau, 22. Straßburg, 23. Stuttgart, 24. Regensburg, 25. Mühlhausen, 26. Augsburg, 27. München.

Die von J. Perthes-Gotha veröffentlichten kleinen Reiseführer Rechts und links der Eisenbahn enthalten viele geologische Angaben. Wichtige Arbeiten sind veröffentlicht in der Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, Berlin 1848—1904 (ein 1903 herausgegebenes Generalregister erleichtert das Auffinden). Geologische Schilderungen findet man auch im Neuen Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Stuttgart 1830—1904 (Ortsverzeichnis in den Repertorien). Die österreichische Literatur ist vorwiegend im Jahrbuch der K. K. Geologischen Reichsanstalt, Wien 1850—1904, sowie den Verhandlungen der K. K. Geol. Reichsanstalt zu suchen. Die wichtigste geologische Literatur wird besprochen im Literaturbericht von Petermanns Geograph. Mitteilungen, Gotha. Die gesamte deutsche und außerdeutsche Literatur wird seit 1901 in dem von Prof. KEILHACK herausgegebenen Geolog. Centralblatt (Leipzig, Bornträger) knapp referiert.

Im folgenden mache ich den Versuch einer Zusammenstellung der seit etwa 1880 erschienenen deutschen geologischen Karten und Beschreibungen einzelner Gebiete. Neben den von Fachgeologen bearbeiteten speziellen Führern und Monographien habe ich auch solche Abhandlungen aufgenommen, die das vorhandene Material nach geographischen oder pädagogischen Gesichtspunkten ordnen. Rein paläontologische, stratigraphische oder petrographische Arbeiten wurden nicht aufge-

1) Alle geol. Karten bestelle man sich entweder beim Buchhändler in Taschenformat auf Leinwand aufgezogen, oder lasse dies durch den Buchbinder (12—20 cm) ausführen.



zählt; leider konnte ich bei der weit zerstreuten Literatur [1]) die gewünschte Vollständigkeit nicht erreichen. Für Mitteilung von Ergänzungen würde ich sehr dankbar sein.

Um den Text möglichst zusammenzudrängen und die geographischen Stichworte recht hervorzuheben, sind folgende Abkürzungen verwendet worden:

Abkürzungen:

A. Abhandlung
a. aus
Ab. Ablagerung
Aufb. Aufbau
Aufs. Aufschluß
B. Beschreibung
b. bis, bei
Bi. Bild, Bildung
Bl. Blatt
Br. Bericht
d. der, die, das, des, den, dem, durch
DöA. Deutsch-österr. Alpenverein
Dr. Doktordissertation
E. Exkursion
e. ein, einige
Ef. Einführung
Erl. Erläuterung
F. Führer
f. für
Fo. Forschung
G. Geologie
g. geologisch, geognostisch
Gb. Gebirge
Gest. Gestalt, Gestaltung
Gg. Gegend
gt. geotektonisch
H. Heft
JB. Jahrbuch
JH. Jahresheft
i. ihr, in
K. Karte
k. kartographisch
k.k. kaiserlich-königlich
kl. klein
Kö. Königreich, Königlich
La. Landesanstalt
Lk. Landeskunde
Mitt. Mitteilungen
m. mit
N. Natur, Naturkunde
nö. nördlich
nt. naturwissenschaftlich
nw. nordwestlich
O. Osten
ö. östlich
Ob. Oberfläche
P. Preußen
ph. physikalisch
Pl. Plauderei
Pr. Schulprogramm
RA. Reichsanstalt
S. Süden
s. sein, seine, südlich
Sch. Schichten
Sk. Skizze
St. Stellung
T. Tafeln
Tl. Teil
U. Umgegend, Umgebung
u. und
ü. über
Ug. Untergrund
V. Verein
Verh. Verhältnisse
Vk. Volkskunde
w. westlich
Z. Zeitschrift
z. zu, zur
zw. zwischen

Die beiden ersten Ziffern der Jahreszahlen sind weggelassen (92 statt 1892).

[1]) Viele der aufgezählten Arbeiten sind leider im Buchhandel vergriffen; vielleicht können solche durch das Geologische Antiquariat von Max Weg, Leipzig, Leplaystraße 1, bezogen werden.

Eine recht gute Zusammenstellung der geologischen Literatur bis 1877 findet man in

Cotta, g. Repertorium. Lpz. 77.

Als Wegweiser in der Literatur kann auch dienen

Weg, Regionale G. Deutschlands. Antiqu. Katalog 05.

Lepsius, G. v. Deutschland. Stuttg. Bd. I. w. u. s. Deutschland 87—92; Bd. II. 1. Tl. 03: Erzgb., Fichtelgb., Sachsen, Ostthüringen, Lausitz.

1. Baden.

G. Sp.-K. d. Großh. Baden. 1 : 25000 (m. Erl. à Blatt 2—3 M.) Bisher [1]) sind erschienen:

Mannheim-Ladenburg 21/22, Heidelberg 23, Altlußheim-Schwetzingen 30/31, Neckargemünd 32, Epfenbach 33, Mosbach 34, Philippsburg-Wiesental 39/40, Wiesloch 41, Sinsheim 42, Rappenau 43, Odenheim 47, Eppingen 48, Gengenbach 82, Petersthal-Reichenbach 83/84, Zell a. H. 87, Oberwolfach-Schenkenzell 88/89, Haslach 93, Hornberg-Schiltach 94/95, Triberg 100, Königsfeld-Niedereschach 101/102, (Waldkirch 107), Furtwangen 109, Villingen 110, Dürrheim 111, Hartheim-Ehrenstetten 115/116, (Freiburg 117), Neustadt 119, Donaueschingen 120, Mühlheim 127, (Kandern 139).

Mitt. d. Gr. Bad. G. La. Bd. I—IV.

Eck, Verz. d. min.-g., urgesch. u. balneol. Lit. v. Baden, Württemberg, Hohenzollern. Hdlb. 90. Nachtr. 93, 98, 01.

Schütze, Nachtr. z. vorgenannten Verz. v. Eck. Stuttg. 02.

Benecke u. Cohen, g. B. d. U. v. Heidelberg. 3. H. Strb. 79—81.

Eck, g. B. d. Gg. v. Baden-Baden, Rothenfels, Gernsbach, Herrenalb. A. d. Kö. P. G. La. 92.

—, g. E.-K. d. U. v. Baden-Baden. 1 : 80000.

Grabendörfer, d. nt. B. d. Gg. v. Pforzheim. Pr. 94.

—, Beiträge z. Geogn. d. Gg. v. Pforzheim. 94.

Gräff, z. G. d. Kaiserstuhlgebirges. M. 2 K. Hdlb. 90.

Jäger, ü. Ob.-Gest. i. Odenwald. Fo. z. d. L. u. Vk. 15. 04.

Kienitz, Lk. d. Großh. Baden. Lpz. 04. S. Göschen No. 199.

Knop, d. Kaiserstuhl i. Breisgau. 93.

Lepsius, d. oberrh. Tiefebene u. i. Randgb. Fo. z. d. Lk. Stuttg. 85.

Platz, g. Profil d. Neckartalbahn v. Heidelberg bis Jagstfeld. M. 1 Profilt. 8°. Karlsruhe 81.

—, g. Sk. d. Großh. Badens. 86.

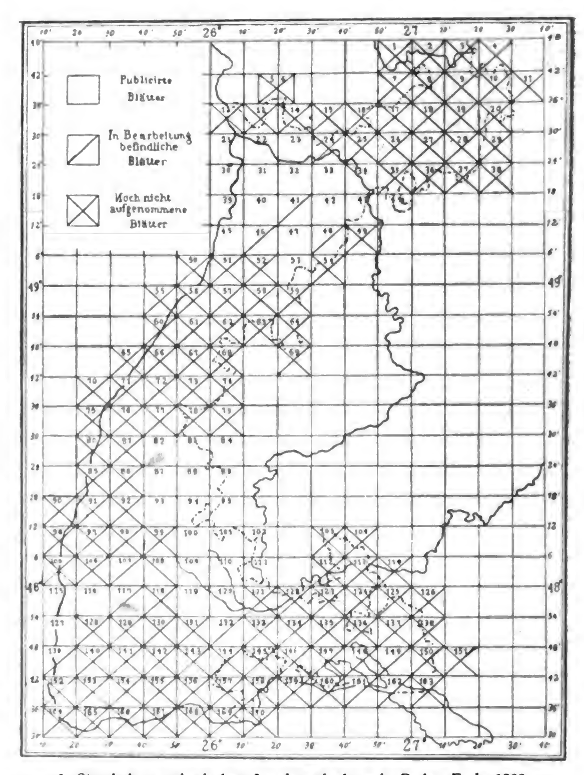
Rosenbusch, a. d. G. v. Heidelberg. 01.

Ruska, Schulausflüge z. Ef. i. d. G. (U. v. Heidelberg). N. u. Schule. 05.

Sandberger, Schill u. Vogelsang, g. B. d. Großh. Baden. 9 H. (Badenweiler, Überlingen, Baden, Glotterthal u. Suggenthal, die Renchbäder,

---

1) Die offenen Namen bezeichnen veröffentlichte, die rund eingeklammerten in Bearbeitung stehende Blätter.



1. Stand der geologischen Landesaufnahme in Baden Ende 1902.

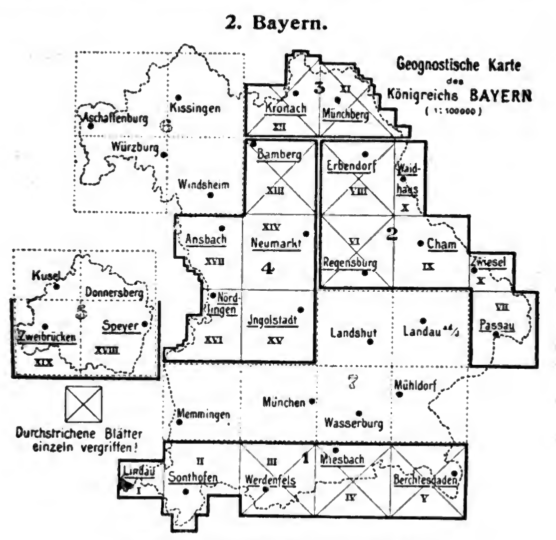
Waldshut, Lahr u. Offenburg, Möhringen u. Möẞkirch, Triberg u. Donaueschingen). M. 30 T. u. g. K. Karlsruhe 58—72.

Schmidt, G. d. Münstertals i. bad. Schwarzwald. 3 Tl. i. 1 Bd. M. g. K. Hdlb. 86—89.

Schuhmacher, d. Bi. u. d. Aufb. d. oberrhein. Tieflandes. Strb. 90.

Steinmann u. Gräff, g. F. d. U. v. Freiburg. Freiburg. 90.
Vogelsang, Gäa v. Mannheim. e. g. Sk.

2. Bayern.



2. Geologische Landesaufnahme von Bayern.

Pfaff, Vers. e. Zusammenst. d. g.-mineral. Lit. d. Kö. Bayern. g. JH. Mnch. 99 S. 1.
W. v. Gümbel, G. d. Kö. Bayern. Bd. II. d. G. v. Bayern. m. K. Cassel 94.
—, G. B. d. Kö. Bayern:
—, d. Bayr. Alpengb. u. s. Vorland. 61. (Bl. Lindau, Sonthofen, Werdenfels, Miesbach, Berchtesgaden).
—, d. ostbayr. Grenzgb. 68. (Bl. Regensburg, Passau, Erbendorf, Cham, Waidhaus).
—, d. Fichtelgb. m. d. Frankenwalde. 79. (Bl. Münchberg, Kronach).
—, d. fränk. Alb (d. Frankenjura). 91. (Bl. Bamberg, Neumarkt, Ingolstadt, Nördlingen, Ansbach).
—, Rheinpfalz. (Bl. Speier, Zweibrücken).
Bayr. Geogn. JH. Cassel 88—01.

v. Ammon, d. Juraabl. zw. Regensburg u. Passau. Mnch. 75.
—, d. Gg. v. München. g. geschild. m. 6 T. u. 1 g. K. Mnch. 94.
—, g. Überblick d. Münchener Gg. Allg. D. Bergmannstag Mnch. 98.
—, g. Bi. a. d. Münchener Gg. g. JH. 99. S. 109.
—, kl. g. F. d. e. Tl. d. fränk. Alb (Fränk. Schweiz, Nürnberg-Amberg, Eichstädt). 99.
Balder, g. B. d. Hetzlargb. Dr. Erlang. 93.
Bärtling, d. Molasse u. d. Glacialgebiet d. Hohenpeißenberges u. s. U. g. JH. 03 S. 33.
Bayberger, d. Burghalde b. Kempten. Pr. d. h. Töchterschule. Kempten 84/5.
—, d. Inngletscher v. Kufstein b. Haag. Pet. g. Mitt. Ergbd. XV, Nr. 70.
—, g. g. Stud. a. d. Böhmerwald. Gotha-Pet. Mitt. Erg.H. Nr. 81.
—, d. Inndurchbruch v. Schärding b. Passau. 86.
—, ph. u. g. Verh. d. Chiemsees. Lpz. 90.
Becker, d. Walchensee u. d. Jachenau. Innsbr. 97.
Bettinghaus, g. B. d. Ratsberger Höhenzuges. Dr. Erlang. 96.
Bittner, z. G. d. Kaisergb. JB. d. g. RA. Wien 80 S. 437.
Böse, G. d. Hohenschwangauer Alpen. g. JH. Mnch. 93.
Brunhuber, ü. d. geotekt. Verh. d. Ug. v. Regensburg. Br. d. nt. V. Regensb. 96.
Buchauer, e. g. Profil b. Niederndorf (Kufstein). J. d. g. RA. Wien 87 II S. 63.
Clark, ü. d. g. Verh. d. Gg. nw. v. Achensee. Dr. Mnch. 87.
Düll, Gesteine u. Mineralien d. Achenwiese b. Schönbrunn i. Fichtelgb. 99.
Fick, d. Alpen u. Süddeutschland. Dresd. 05.
Fink, d. Flysch i. Tegernseer Gebiet. g. JH. Mnch. 03 S. 77.
Förderreuther, g. Plaudereien ü. d. Allgäuer Alpen. Kempten 96.
Fraas, d. Wendelsteingebiet. g. JH. 89.
—, Szenerie d. Alpen. m. 120 Fig. u. 1 K. Lpz. 92.
Fritz, Unterfränk. Trias. Würzb.
Frosch, Überblick ü. d. g. Verh. v. Bayreuth i. „F. z. 16. Hauptvers. d. Bayr. Volksschullehrer-V. i. Bayreuth 05.“
Fugger, d. Untersberg. Z. d. DöA. 80.
Fürnrohr, ü. d. g. B. d. Regensburger Ug. Korr.-Bl. d. zool.-mineral. V. Regensb. 77 S. 179.
Gebert, d. g. Verh. v. Mittelfranken. Ansbach 84.
Götz, Lk. d. Kö. Bayern. Lpz. 04. Sammlung Göschen 176.
Gruber, d. Isartal z. Loisach u. Amper. JBr. d. g. Ges. Mnch. 77/9.
—, d. Haidelandschaft um München. JBr. d. g. Ges. Mnch. 84.
—, d. Hesselberg am Frankenjura u. s. s. Vorhöhen. Stuttg. 96.
v. Gümbel, Abriß d. g. Verh. d. Tertiärsch. b. Miesbach u. d. Alpengebiet zw. Tegernsee u. Wendelstein. Mnch. 75.

v. Gümbel, d. g. St. d. Tertiärsch. v. Reit i. Winkel. g. JH. Mnch. 89.
Haagen, d. g. Verh. i. Arbeitsgebiet d. nthist. Ges. z. Nürnberg. JBr. d. nthist. Ges. 84.
—, d. g. Verh. d. U. v. Nürnberg. A. d. nthist. Ges. Nürnb. 86.
Heimbach, g. Neuaufnahme d. Farchanter Alpen. Dr. Mnch. 98.
Imkeller, d. Kreide- u. Eocänbi. am Stallauer Eck u. Enzenauer Kopf b. Tölz. Pr. Handelschule. Mnch. 95/6.
Kastner, d. g. Verh. d. Dürrenberges b. Hallein. Salzb. 80.
Korschelt, d. Haushamer Mulde ö. d. Leitzach. g. JH. Mnch. 90 S. 44.
Lissack, g. B. v. Kalchreuth. Dr. Erlang 94.
Pfaff, ü. d. g. Verh. d. U. v. Erlangen.
Reiss, Erl. d. g. K. d. Voralpenzone zw. Bergen u. Teisendorf. g. JH. Müch. 95.
—, z. G. d. Eisenoolithe führenden Eocänsch. am Kressenberg. g. JH. Mch. 97 S. 24.
Rothpletz, g. pal. Monographie d. Vilser Alpen. Palaeontogr. Bd. XXXIII. 87.
—, d. Karwendelgeb. m. 1 g. K., 9 T. u. 29 Fig. Mnch. 88.
Rühl, Beitr. z. Kenntn. d. tertiär. u. quart. Ab. i. bayr. Schwaben. Br. d. nt. V. Augsb. 96
v. Sandberger, d. Triasformation i. mittl. Maingebiet. Gemeinnützige Wchnschr. Würzg. 82.
—, g. Sk. d. U. v. Würzburg. Festschr. d. V. f. Gesundheitspfl. Würzb. 92.
Sapper, ü. d. g. Verh. d. Juifen. Dr. Mnch. 88.
Schäfer, ü. d. g. Verh. d. Karwendels. Dr. Mnch. 88.
Schwarz, d. g. Verh. v. Mittelfranken. Festschr. d. Wanderv. bayr. Landwirte. Nürnb. 95.
Schwertschlager, Altmühltal u. Altmühlgb. Eichstädt 05.
Schober, F. v. Aschaffenburg (G. v. Thürach).
Schrüfer, d. Keuper- u. Liasgebiet ö. v. Bamberg. Jahrber. d. Lyzeums. Bamberg 87.
Seidl, d. Regnitztal (v. Fürth b. Bamberg). Erlang. 01.
Söhle, d. Ammergb., g. beschr. g. JH. Mnch. 98.
Spohn, chem.-g. Stud. i. d. U. v. Pforchheim. Dr. Erlang. 96.
Stuchlick, g. Sk. d. oberbayr. Kohlenrevieres. Österr. Z. f. Berg- u. Hüttenwesen 93.
Wagner, Hydrographie d. Seen d. Böhmerwaldes. V. f. Erdk. Lpz. 98 IV.
Waltl, G. v. Passau. Korrbl. d. zool.-min. V. Regensb. 68 S. 164.
Wassner, d. Donautal Pleinting - Passau - Aschach. e. g. Sk. Pass. 00.
Weinschenk, d. bayr. Wald zw. Bodenmais u. d. Passauer Graphitgebiet. Mnch. 99.



Wirth, Schulg. v. Bayern. Pr. d. Gymn. z. Eichstädt 02.
Zenetti, d. g. Aufb. d. bayr. Nord-Schwaben u. d. angrenz. Gebiete. m. g. Übersichtsk. 1:300 000. Augsb. 04.

Rheinpfalz.

Leppla, d. min. u. g. Lit. d. Pfalz seit 1820. Jahresbr. d. Pollichia XLI. pro 82. Dürkh. a. d. H. 83.
v. Ammon u. Thürach, g. E. i. d. Rheinpfalz. Mitt. d. Bad. g. La. Bd. III. Heidelb. 99.
v. Ammon, Neuere Aufs. i. pfälz. Steinkohlengb. g. JH. 15. Jg. 02 S. 271—285. 2 Fig.
Bayberger, g. Studien ü. d. nordostpfälz. Lautertal. Frankf. 99.
Gümbel, g. Verh. d. Pfalz. Mnch. 54.
Leppla, ü. d. Bau d. pfälz. Nordvogesen. JB. d. Pr. g. La. Berl. 92 S. 23.
Mehlis, d. Drachenfels b. Dürkheim. Neustadt a. d. H. 94.
Reis, d. westpfälzische Moorniederung. g. JH. 99 S. 72.
Thürach, E. i. Hardtgb. u. Rheinpfalz. Br. d. Oberrhein. g. V. Landau 94.

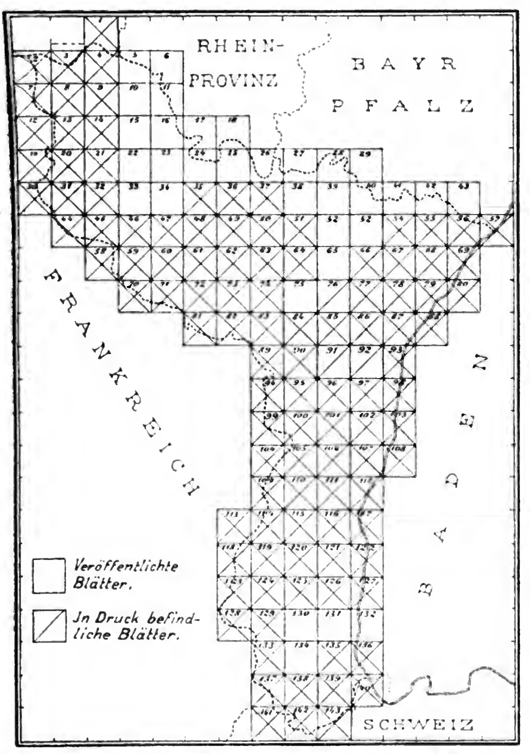
3. Elsaß-Lothringen.

Benecke u. Rosenbusch, Verz. d. min. u. g. Lit. A. d. g. La. Straßb. 75.
G. Spezialk. v. Elsaß-Lothringen 1:25000 m. Erl. Bisher erschienen:

Sierck 5, Merzig 6, Monnern 10, Gr. Hemmersdorf 11, Gelmingen 15, Busendorf 16, Ludweiler 17, Saarbrücken 18, Bolchen 22, Lubeln 23, St. Avold 24, Forbach 25, Saargemünd 26, Bliesbrücken 27, Wolmünster 28, Roppweiler 29, Remilly 33, Falkenberg 34, Rohrbach 38, Bitsch 39. Stürzelbronn 40, Lembach 41, Weißenburg 42, Weißenburg Ost 43, Saareinsberg 52, Niederbronn 53, Buchsweiler 65, Pfalzburg 75, [Zabern 76], [Molsheim 91], [Geispolsheim 92], Mülhausen West 130, Mülhausen Ost 131, Homburg 132, Altkirch 134.

g. Übersichtsk. d. w. Deutsch-Lothringen 1:80 000. 86/87.
Übersichtsk. d. Eisenerzfelder d. w. Deutsch-Lothringen. 99.
g. Übersichtsk. d. s. Hälfte d. Großh. Luxemburg 1:80 000.
g. Übersichtsk. v. Elsaß-Lothringen 1:500 000.
A. u. Mitt. d. g. La.
Benecke, Abriß d. G. v. Elsaß-Lothringen. Straßb. 78.
—, g. Übersichtsk. v. Elsaß-Lothringen 1:500 000.
—, Bücking, Schumacher, Werveke, g. F. d. d. Elsaß. Berl. 00.
Brinkmann, g. Verh. Forbachs. Pr. 94.
Cohen, d. ob. Weilertal u. d. zunächst angrenz. Gb. A. g. La. E.-L. Straßb.
Deecke, d. Granitstock d. Elsässer Belchen i. d. Südvogesen. Z. d. Deutsch. g. Ges. 91.
EBr. d. Deutsch. g. Ges. i. Elsaß 92. Z. g. Ges. XLIV. 3. H. S. 570—606.

Förster, g. F. f. d. U. v. Mülhausen i. E. Pr. 92 No. 509.
Graul, g. B. d. U. v. Rappoltsweiler. Pr.
Lepsius, d. oberrhein. Tiefebene u. ihre Randgb. m. K. Stuttg. 88.
Linck, g. B. d. Talhorn i. ob. Amariner Tal. Straßb. 92.
Rech, d. Bergbaugebiet d. Weilertals i. Elsaß. Pr. 03.



3. Stand der geologischen Aufnahme von Elsaß-Lothringen Ende 1902.

Schumacher, Bi. u. Aufb. d. oberrh. Tieflandes. Mitt. d. Elsaß-Lothr. g. L.-Unters. 90.
—, g. Beob. i. d. Hochvogesen. Mitt. d. g. La. v. Elsaß-Lothr. 2. Straßb. 90.
—, ü. d. Gest. u. d. g. Aufb. d. unterelsässischen Rheinfläche. Mitt. d. g. La. v. Elsaß-Lothr. V. 1. Straßb. 99.
Steinmann, g. F. d. U. v. Metz. m. T. u. 3 Fig. Metz 82.
Valentin, G. d. Krontales i. Elsaß. Dr. 92.
Werveke, g. Übersichtsk. d. s. Hälfte v. Luxemburg 1 : 80000.
—, g. Bau d. U. v. Rappoltsweiler. 97.

Spessart.

Bücking, Grundgeb. d. Speßart. JB. g. La. f. 89.
Klemm, Beitr. z. Kenntn. d. kristall. Grundgb. i. Spessart. A. d. Heß. g. La. Darmst. 95.
Ritter, d. Gbarten d. Spessarts. Br. d. Senck. Naturf. Ges. Frankfurt 95. S. 103.
Thürach, Urgeb. im Speßart. g. JH. Bd. V.

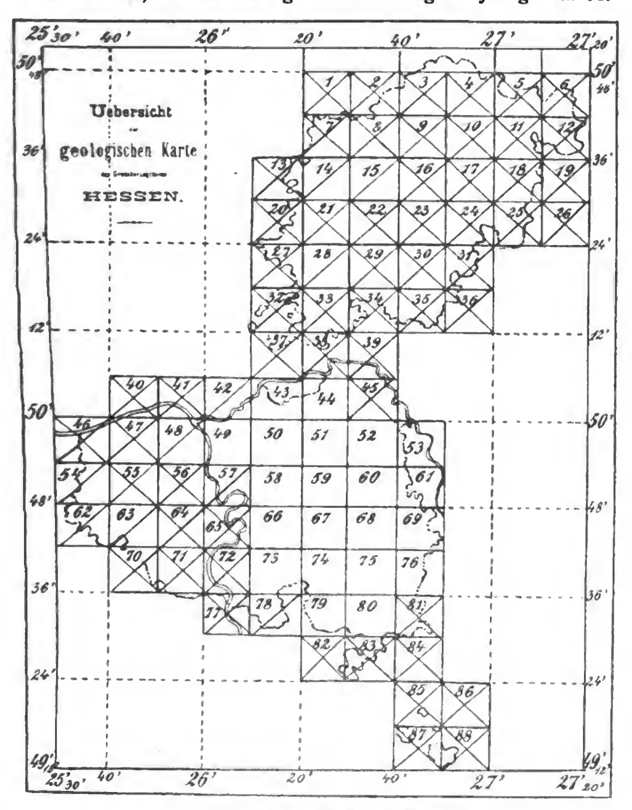
4. Hessen.

Aeltere Aufnahme der g. Spez.-K. 1 : 50000 des Großh. Hessen.
Bl.: Gießen, Büdingen-Gelnhausen, Offenbach-Hanau-Frankfurt, Schlotten, Herbstein-Fulda, Erbach, Darmstadt.
Von d. g. Spez.-K. 1 : 25000 erschienen bisher (à 2 M. mit Erläuterung):
Groß-Gerau 49, Kelsterbach 50, Isenburg 51, Mörfelden 57, Messel 58, Babenhausen 59, Schaafheim 60, Darmstadt 66, Roßdorf 67, Gr. Umstadt 68, Neustadt 69, Zwingenberg 75, Neunkirchen 76, Brensbach 77, König 78, Birkenau 79, Bensheim 83, Lindenfeld 84, Erbach 85, Michelstadt 86, Beerfelden 91.
A. d. g. La. Bd. I—IV.
Chelius, Chronolog. Übers. d. g. u. min. Lit. ü. d. Großh. Hessen. A. d. Großh. Hess. g. La. I, 1. Darmst. 84.
—, F. d. d. Odenwald. Stuttg. 05.
Jäger, ü. Obgest. im Odenwald. Fo. z. deutsch. La. Stuttg. 04.
Lepsius, d. Mainzer Becken. Darmst. 83.
—, g. K. d. Mainzer Beckens. 84.
—, Festschr. z. Weihe d. neuen Soolsprudels z. Bad Nauheim. Darmst. 1900. 1 Profil u. 1 Plan.
Müller, d. g. Verh. v. Alzey u. s. Ug. e. hist.-g. Sk. Pr. 03.
Schopp, Beitr. z. Kenntn. d. Rotliegenden i. d. Sekt. Fürfeld i. Hessen. Pr. 99.
—, Beitr. z. Kenntn. d. Diluviums im w. Rheinhessen. Pr. 03.

Hessen-Nassau.

Ackermann, Bibliotheca Hassiaca Kassel 84, mit 8 Nachtr.
Blanckenhorn, G. u. Topograph. d. näh. U. Kassels. Festschr. d. Vers. Deutsch. Naturf. u. Ärzte i. Kassel 03.

Denckmann, d. g. Bau d. Kellerwaldes. A. d. Kö. Pr. g. Lå. Berl. 01.
Denckmann, d. Frankenberger Permbildungen. JB. g. La. 91.



4. Stand der g. Aufnahme in Hessen.

Denckmann, Oberdevon i. Keller Wald. JB. g. La. 94.
—, F. f. d. Kellerwald-E. 02.
—, Übers. ü. Tektonik u. Stratigr. d. Kellerwald-Horstes 02.
Eck, Salzschlirf unweit Fulda. Beitr. z. Kenntn. d. g. Verh. s. U. u. s. Heilquellen. JB. d. La. 01 S. 203—292.
Frech, G. d. U. v. Haiger bei Dillenburg. A. d. Kö. P. g. La. Berlin 88.
Hassenkamp, G. a. d. U. v. Fulda 80.
Jäschke, d. Meißnerland. Fo. z. Deutsch. Lk. u. Vk. III, 2. 88.
Kayser, Abriß d. g. Verh. Kurhessens. Heß. Lk. u. Vk. I. Marb. 04.
Kinkelin, G. d. unteren Wetterau u. d. unteren Maintales. 85.
—, Beitr. z. G. d. U. v. Hanau. Br. d. Senck. Naturf. Ges. Frankf. 89.
—, G. d. Gg. zw. Taunus u. Spessart. 90.
—, d. Tertiär- u. Diluvialbi. d. Untermaintals, d. Wetterau u. d. Taunus. A. z. g. Spezialk. v. P. IX, 4.
—, ü. d. Schbau des Untermaintales. 87.
Leppla, G. d. Rheingaus. Rüdesh. 02.
— u. Wahnschaffe. g.-agron. Darst. d. U. v. Geisenheim a. Rhein. Abh. g. La. 01.
Moesta, g. Schilder. d. Gg. zw. d. Meißner u. d. Hirschberge i. Hessen. Marb. 67.
—, d. Liasvorkomm. b. Eichenberg i. Hessen i. Bezieh. auf allg. Verh. d. Gbbaues i. Nord-Westen d. Thür. Waldes. m. 4 T. JB. d. Kö. P. La. 83 S. 57—80.
Rinne, ü. norddeutsch. Basalte a. d. Gebiete d. Weser u. d. angrenz. Gebieten d. Werra u. Fulda. m. 4 T. I. JB. d. La. 92 S. 3—95. II. JB. d. La. 97 S. 3—102.
Sandberger, Z. G., d. U. v. Homburg v. d. H. 93.
Sievers, z. Kenntnis d. Taunus. Fo. z. deutsch. La. V, 5. m. K. 91.
Uthermann, Die Braunkohlenlagerstätten am Meissner etc. A. d. g. La. 92.

5. Oldenburg.

Von der g. Landesaufnahme 1:25000 erschienen: Bl. Jever, Eckwarden, Langförden.

6. Preußen und Nachbarstaaten.

Die bisher erschienenen Kartenbl. 1:25000 kosten m. Erl. 2 M. (für Schulen die Hälfte).

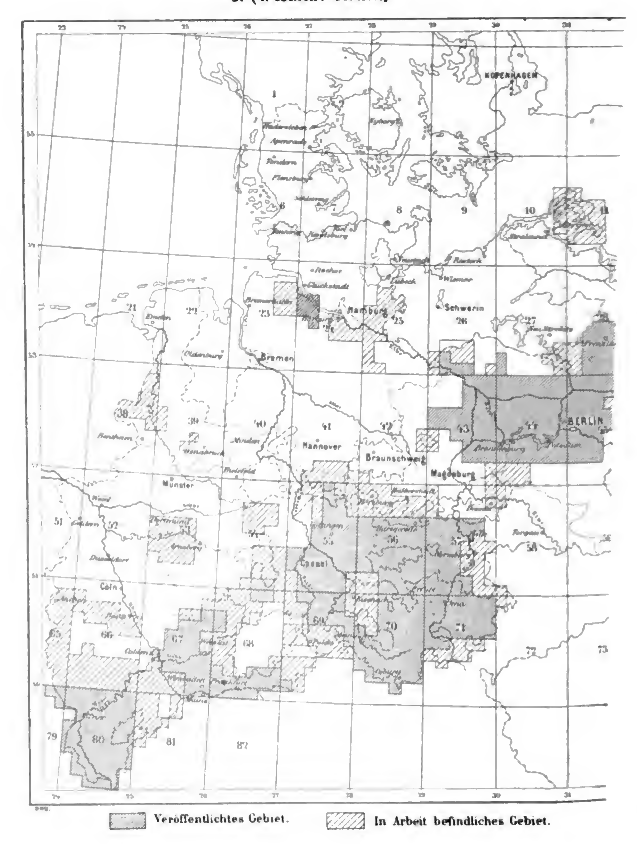
14.[1] *Vitte, *Lanzig, *Saleske, *Rügenwalde, *Grupenhagen, *Peest, *Altenhagen, *Karwitz, *Schlawe, *Damerow, *Zirchow, *Wussow, *Kösternitz, *Altzowen, *Pollnow, *Klannin, *Kurow, *Sydow.

[1] Die Gradabteilungen (in fetten Ziffern) sind bei Bestellungen mitanzugeben. Ein * bezeichnet Blätter, die mit Bohrkarten erschienen sind.

16. Oliva, Danzig, Weichselmünde, Nickelswalde, Praust, Trutenau, Käsemark.
18. *Gr. Peisten, *Bartenstein, *Landskron, *Schippenbeil, *Dönhofstedt, *Heilsberg, *Gallingen, *Gr. Schwansfeld, *Langheim, *Lamgarben *Wernegitten, *Siegfriedswalde, *Bischofstein, *Rössel, *Heiligelinde.
19. Angerburg, Steinort, Kutten, Lötzen, Kruglanken.
24. Stade, Ütersen, Hagen, Horneburg, Harsefeld.
25. Lüneburg.
26. Rambow, Schnackenburg, Schilde, Perleberg.
27. *Wittstock, *Wuticke.
28. *Woldegk, *Fahrenholz, *Nechlin, *Brüssow, *Löcknitz, *Fürstenwerder, *Dedelow, *Prenzlau, *Wallmow, *Hohenholz, *Thomsdorf, *Boitzenburg, *Hindenburg, *Bietikow, *Gramzow, *Pencun, *Gandenitz, *Templin, *Gerswalde, *Polssen, *Passow, *Cunow, *Hammelspring, *Gollin, *Ringenwalde, *Greifenberg, Angermünde, *Schwedt.
29. *Gülzow, *Schwessow, *Plathe, *Paulsdorf, *Pribbernow, *Moratz, *Zickerke, *Gr. Sabow, *Gr. Stepenitz, *Münchendorf, *Pölitz, *Gollnow, Kreckow, Stettin, Gr. Christinenberg, Colbitzow, Podejuch, Alt-Damm, Greifenhagen, Woltin, Neumark, Fiddichow, Bahn, Schwochow, Uchtdorf, Wildenbruch, Beyersdorf, *Lippehne, *Schönow, *Bernstein.
31. *Gr. Voldekow, *Bublitz, *Gr. Carzenburg, *Gramenz, *Wurchow, *Kasimirshof, *Bärwalde, *Persanzig, *Neustettin.
33. *Mewe, *Rehhof, *Pestlin, *Gr. Rohau, *Münsterwalde, Marienwerder, *Gr. Krebs, *Riesenburg, *Neuenburg, *Garnsee, *Niederzehren, *Freystadt, *Feste Courbière, *Lessen, *Schwenten, *Graudenz, *Okonin, *Linowo, *Gr. Plowenz.
35. *Gr. Schöndamerau, *Schwentainen, *Ortelsburg, Olschienen, *Babienten.
43. *Wilsnack, *Glöwen, *Demertin, *Werben, *Havelberg, *Lohm, *Hindenburg, *Sandau, *Strohdene, *Calbe, Bismark, *Schinne, *Stendal, *Arneburg, *Schollene, *Gardelegen, *Klinke, *Lüderitz, *Tangermünde, *Jerichow, *Vieritz, Schernebeck, *Weißewarthe, *Genthin, *Schlagenthin, *Parey, *Parchen, *Karow, Burg, *Theessen, *Ziesar.
44. *Kyritz, *Tramnitz, *Neuruppin, *Gr. Mutz, Kl. Mutz, *Zehdenick, *Wusterhausen, *Wildberg, *Fehrbellin, *Wustrau, *Beetz, *Nassenheide, *Rhinow, *Friesack, *Brunne, Linum, Cremmen, Oranienburg, *Rathenow, *Haage, *Ribbeck, Nauen, Marwitz, Hennigsdorf, *Bamme, *Garlitz, *Tremmen, Markau, Rohrbeck, Spandau, *Plaue, *Brandenburg, *Gr. Kreutz, Ketzin, Fahrland, Teltow, *Gr. Wusterwitz, *Göttin, *Lehnin, Werder, Potsdam, *Gr. Beeren, *Glienicke, *Golzow, *Damelang, Beelitz, Wildenbruch, Trebbin.
45. *Zehdenick, *Gr. Schönebeck, *Joachimsthal, *Gr. Ziethen, *Stolpe, *Zachow, *Liebenwalde, *Ruhlsdorf, *Eberswalde, *Hohenfinow, *Oderberg, *Wandlitz, *Biesenthal, *Grünthal, *Schönerlinde, *Bernau, *Werneuchen, *Prötzel, *Möglin, *Berlin, *Friedrichsfelde, *Alt-Landsberg, *Straußberg, *Müncheberg, Tempelhof, *Köpenick, *Rüdersdorf, *Lichtenrade, *Königswusterhausen, *Alt-Landsberg, Zossen, *Mittenwalde, *Althartmannsdorf.
46. *Königsberg, *Schönfließ, *Schildberg, *Soldin, *Möhrin, *Wartenberg, *Rosenthal, *Staffelde, Seelow, Küstrin, Lebus, Frankfurt a. O.
48. *Obornik, *Lukowo, *Schocken, *Wargowo, *Owinsk, *Murowana-Goslin, *Sady, *Posen, *Dombrowka, *Gurtschin.
55. Gr. Freden, Einbeck, Gandersheim, Moringen, Westerhof, Nörten, Lindau, Gieboldehausen, Dransfeld, Göttingen, Waake, Duderstadt, Jühnde, Reinhausen, Gelliehausen, Wilhelmshöhe, Cassel, Ermschwerd, Witzenhausen, Besse, Ober-Kaufungen, Gr. Almerode, Allendorf, Melsungen, Lichtenau, Waldkappel, Eschwege, Altmorschen, Seifertshausen, Sontra, Netra.
56. Lauterberg, Zorge, Beneckenstein, Hasselfelde, Harzgerode, Pansfelde, Geroda, Ellrich, Nordhausen, Stolberg, Schwenda, Wippra, Worbis, Bleicherode, Hayn, Heringen, Kelbra, Sangerhausen, Nieder-Orschel, Gr. Keula, Immenrode, Sondershausen, Frankenhausen, Artern, Mühlhausen, Körner, Ebeleben, Greußen, Kindelbrück, Schillingstedt, Tennstedt, Gebesee, Sömmerda, Cölleda, Gräfentonna, Andisleben, Stotternheim, Neumark.

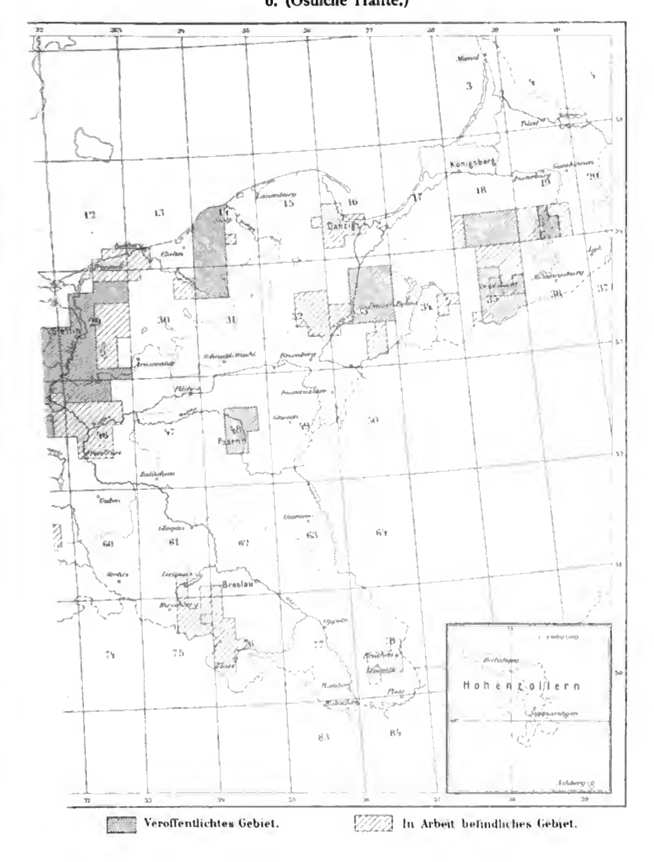
Uebersicht des Kartengebietes.

5. (Westliche Hälfte.)



Uebersicht des Kartengebietes.

6. (Östliche Hälfte.)



Veroffentlichtes Gebiet. In Arbeit befindliches Gebiet.

57. Leimbach, Gerbstedt, Cönnern, Gröbzig, Zörbig, Mansfeld, **Eisleben**, Wettin, Petersberg, Riestedt, Schraplau, Teutschenthal, Ziegelroda, **Querfurt**, Schafstedt, Wiehe, Bibra, Freiburg, Buttstedt, Eckartsberga, **Naumburg**, Stössen, Roßla, Apolda, Camburg, Osterfeld.
67. Marienberg, Rennerod, Selters, Westerburg, Mengerskirchen, **Montabaur**, Girod, Hadamar, Coblenz, Ems, Schaumburg, Limburg, Eisenbach, **Dachsenhausen**, Rettert, Kettenbach, Idstein, L.-Schwalbach, Platte, Eltville, **Wiesbaden**.
68. Feldberg, Windecken, Hüttengesäß, Gelnhausen, Königstein, **Rödelheim**, Frankfurt, Hanau, Langenselbold, Bieber, Hochheim, Schwanheim, **Sachsenhausen**, Gr. Krotzenburg.
69. Ludwigseck, Rotenburg, Hönebach, Gerstungen, Hersfeld, **Friedewald**, Vacha, Eiterfeld, Geisa, Lengsfeld, Altenbreitungen, Oberkatz, **Helmershausen**, Lohrhaupten.
70. Gotha, Neudietendorf, Erfurt, Weimar, Ohrdruf, Arnstadt, **Osthausen**, Kranichfeld, Crawinkel, Plaue, Stadtilm, Stadt-Remda, Wasungen, **Suhl**, Ilmenau, Königsee, Schwarzburg, Meiningen, Themar, **Schleusingen**, Masserberg, Breitenbach, Gräfenthal, Rentwertshausen, Dingsleben, **Hildburghausen**, Eisfeld, Steinheid, Spechtsbrunn, Mendhausen, Römhild, **Rodach**, Meeder, Neustadt, Sonneberg, Rieth, Heldburg, Coburg, **Oslau**, Steinach, Rossach.
71. Magdala, Jena, Bürgel, Eisenberg, Langenberg, Großenstein, **Blankenhain**, Kahla, Roda, Gangloff, Gera, Ronneburg, Rudolstadt, **Orlamünde**, Neustadt, Triptis, Weida, Waltersdorf, Saalfeld, Ziegenrück, **Pörmitz**, Zeulenroda, Naitschau, Greiz, Probstzella, Liebengrün.
76. Rudolfswaldau, Langenbielau, Wünschelburg, Neurode.
79. Gemünd, Mettendorf, Wallendorf.
80. Oberweiß, Bittburg, Landscheid, Wittlich, Berncastel, Sohren, **Bollendorf**, Welschbillig, Schweich, Neumagen, Morbach, Hottenbach, Trier, **Pfalzel**, Schönberg, Morscheid, Oberstein, Winchringen, Saarburg, **Schillingen**, Hermeskeil, Buhlenberg, Birkenfeld, Beuren, Freudenburg, **Losheim**, Wadern, Nohfelden, Freisen, Perl, Merzig, Wahlen, Lebach, **Ottweiler**, St. Wendel, Gr. Hemmersdorf, Saarlouis, Heusweiler, **Friedrichsthal**, Neunkirchen, Ittersdorf, Bouss, Saarbrücken, Dudweiler, **Lauterbach**, Emmersweiler, Hanweiler.

A. z. g. Spezialk. v. Preußen. Bd. I—X.
JB. d. Kö. Preuß. g. La. Bd. I—XXIV.

a) nordwestl. Provinzen.

Andrée, d. Teutoburger Wald b. Iburg. Dr. Götting. 04.
Behrendsen, d. jurassisch. Abl. v. Lechstedt b. Hildesheim. Z. d. Deutsch. g. Ges. XXXVIII S. 1.
Bode, d. Höhenzüge zw. Lutter a. Barenberge u. Lichtenberg i. Braunschweig. Dr. Götting. 01.
Bölsche, d. g. Verh. d. U. v. Osnabrück. Pr. 82.
Brackebusch, g. Verh. d. Provinz Hannover. 02.
Credner, g. K. d. U. v. Hannover. Hann. 65.
Denckmann, ü. d. g. Verh. d. U. v. Dörnten b. Goslar. Berl. 87. m. 10 T.
Gottsche, z. Geognosie Hamburgs u. s. U. 76.
Graul, d. tertiären Ab. d. Sollings. JB. f. Min. 85. I S. 187.
Hunnäus, g. K. d. Prov. Hannover 1 : 1000000.
Kloos, g. Verh. d. Ug. v. Braunschweig u. Wolfenbüttel. 91.
—, Repertorium d. Herzogt. Braunschweig u. d. angrenz. Landesteile f. d. Jahre 1546—1889. Braunsch. 92.

Kloos, Verzeichnis d. etc. Lit. f. d. Jahre 90—92.
v. Koenen, ü. d. g. Bau d. U. v. Göttingen. Nachr. v. d. K. Ges. d. Wiss. z. Götting. 82 S. 309.
Lang, Gbbau d. Leinetales b. Göttingen. Z. d. deutsch. g. Ges. XXXII. 80.
Mestwerdt, d. Teutoburger Wald zw. Borgholzhausen u. Hilter. Dr. Götting. 04.
Meyer, d. Teutoburger Wald (Osning) zw. Bielefeld u. Werther. Dr. Götting. 03.
Monke, die Liasmulde v. Herford. 88.
Noack, Untersuch. im Elm. 1. Jahresbr. d. V. f. Naturwiss. Müller, Braunsch. 79/80 S. 20.
Römer, d. jurass. Weserkette, e. Monogr. Z. d. d. g. G. 57.
—, d. g. Verh. d. Stadt Hildesheim. A. z. g. Spezialk. v. Preuß. u. d. Thür. Staaten. V, 1. Berl. 83.
Schlunck, Jura d. Weserkette bei Lübbecke. JB. g. La. f. 04.
Schmidt, d. Gbbau d. Einbeck-Markoldendorfer Beckens .Berl. 94.
Schucht, Beitr. z. G. d. Wesermarschen. Z. f. Nat. 03.
—, d. Kehdinger Moor. JB. g. La. f. 02.
v. Seebach, d. Hannoversche Jura. Berl. 64.
Smith, d. Jurabi. des Kahlberges bei Echte. JB. d. Kö. P. g. La. 94.
Stille, d. Gbbau d. Teutoburger Waldes zw. Altenbeken u. Detmold. JB. d. Kö. P. La. 99 Anhang S. 1—42.
—, ü. d. Gbbau u. d. Quellenverh. b. Bad Nenndorf a. Deister. JB. d. Kö. P. La. 01 S. 347.
—, Br. ü. d. E. am Eggegb. Z. d. deutsch. g. Ges. 02 S. 151.
—, g.-hydrol. Verh. i. Ursprungsgebiet d. Paderquellen z. Paderborn. A. d. Kö. preuß. g. La. 03.
—, Präcretaceische Schichtenverschiebungen im älteren Mesozoium d. Eggegebirges. JB. g. La. f. 02.
Struckmann, g. Spaziergänge i. d. U. v. Hannover. 72.
—, g. Sk. d. U. v. Hannover. m. g. K. Hann. 74.
—, d. Wealden-Bi. d. U. v. Hannover. Hann. 80.
Trenkner, d. g. Verh. d. Gg. v. Osnabrück. 81.
Weerth, d. Hilssandstein d. Teutoburger Waldes. Pr. Detm. 80.
Wermbter, d. Gbbau d. Leinetales zw. Greene u. Banteln. Dr. NJ. f. Min. VII. Beilageband S. 246.
Wilke, g. E. i. d. U. Gandersheims. Pr. 85.
Wunstorf, g. Verh. d. kl. Deisters u. Osterwaldes. JB. g. La. 00.

b) Harzgebiet.

Behme, Geol. F. v. Clausthal. Hannover u. Lpz. 98.
—, G. F. v. Goslar a. Harz. 03.
—, G. F. v. Harzburg. 03.
Beushausen, d. Devon d. n. Oberharzes. A. g. La. 00.
Blömeke, Erzlagerst. d. Harzes. Wien 85.

v. Groddeck, Abriß d. Geogn. d. Harzes. Clausthal 83.
Hoppe, d. Bergwerke, Aufbereitungsanstalten u. Hütten i. Ober- u. Unterharz. m. Anh. f. g. E. 83. Clausthal.
Klockmann, Übersicht ü. d. G. d. nordw. Oberharzes. Z. G. Ges. 93 S. 253.
—, Repertor z. Literatur. 92 (s. oben nordw. Provinzen).
Kloos u. Müller, d. Hermannshöhle b. Rübeland. Weimar 89.
Koch, Beitr. z. g. Kenntnis d. Harzes. JB. d. Kö. P. g. La. 99 S. 237.
—, Culm- u. Devon Abl. bei Elbingerode. JB. g. La. f. 95.
Langsdorff, g. K. d. Gg. zw. Laubhütte, Clausthal, Altenau, d. Bruchberge u. Osterode. 1 : 25 000. Clausthal 84.
—, g. K. d. Westharzes. 1 : 25 000. Clausthal 86.
Lossen, g. u. petrograph. Beitr. z. Kenntnis d. Harzes. I. JB. d. Kö. P. g. La. 80 S. 1—44. II. ebendas. 81 S. 1—50.
—, Übersichtsk. d. Harzgb. 1 : 100 000.
— u. Dames, g. K. v. Thale 1 : 25 000.
— u. Dames, g. K. d. U. v. Thale. 1 : 25 000. Berl. 85.
— u. Kayser, g. Übersichtsk. d. Harzes. 1 : 100 000.
Reidemeister, e. mineral. Wanderung d. d. ö. Harz. JB. d. nt. V. Magdeb. f. 87 S. 57.
Rittershaus, d. Iberger Kalkstock b. Grund. Z. f. Berg-, Hütten- u. Sal. XXXIV. Abh. 86 S. 207.
Schucht, Geogn. d. Okertals, g. Bild d. U. v. Oker zw. d. Radau u. Innerste etc. Stolles Harzbibliothek. No. 16. Harzb. 89.
Walther, Karl, e. Ergebnisse d. g. Untersuchung d. Harzgb. Mitt. d. geogr. Ges. XXIII. Jena 05.

c) Schlesien.

Partsch, Lit. d. Lk. u. Vk. Schlesiens. Ergänzungsh. z. d. Jahresbr. d. Schles. Ges. f. vaterl. Erdk. Bresl. 92—96.
Althaus, d. Erzformation d. Muschelkalks i. Oberschlesien. JB. d. Kö. P. g. La. Berl. 91.
Berg, d. Magneteisenerzlager von Schmiedeberg im Riesengeb. JB. g. La. f. 02.
Dathe, g. B. d. U. v. Salzbrunn. A. g. La. Berl. 92. Mit Karte.
—, Diluvium in d. Grafschaft Glatz. JB. g. La. f. 96 u. f. 99.
Degenhardt, g. K. d. oberschlesisch-polnischen Bergdistrikts. 1 : 100 000.
Flegel u. Friedrich, F. f. d. g. E. i. d. Grafschaft Glatz. Z. d. D. g. Ges. Berl. 04.
Frech, ü. d. Bau d. schles. Gb. Hettners g. Z. 02.
Gürich, g. F. i. d. Riesengb. Berl. 00.
—, g. Übersichtsk. v. Schlesien. Bresl. 90. m. Erläut.
Krusch, d. Besalte zw. Lausitzer Neiße u. Queis. JC. g. La. f. 94.

Lehmann, g. a. Reichenbachs U. 97.
Leppla, g.-hydrol. B. d. Niederschlagsgeb. d. Glatzer Neiße. A. g. La. Berlin 00.
Liebscher, d. Oberlausitzer Tiefland. Dr. Lpz. 04.
Partsch, d. Vergletscherung d. Riesengb. z. Eiszeit. 94.
—, Schlesien, e. Lk. Bresl. 03.
Popig, d. St. d. Südwestlausitz im Gbbau Deutschlands. Fo. z. deutsch. Lk. XV, 2. Stuttg. 03.
Römer, G. v. Oberschlesien. m. Atlas v. 50 T. u. 14 K. Bresl. 70.
Rosenberg-Lipinsky, d. Braunkohlenformation im nördl. Schlesien. 94.
Schütze, G. Darst. d. niederschles. Steinkohlenbeckens. A. g. La. Berlin 82.
Wossidlo, d. Tarnowitzer Plateau. Pr. Tarnowitz 91.
Zimmermann, Br. ü. d. g. Markscheiderkursus i. Niederschlesien. Mitt. a. d. Markscheiderwesen. Freib. 05.

d) Provinz Sachsen und Anhalt.

Landesk. Lit. f. N. Thüringen, Harz, Prov. Sachsen u. Anhalt. 83.
Besthorn, d. Kohnstein b. Nordhausen. Z. f. d. ges. Naturw. Halle 80 S. 341.
Beyschlag, g. Übersichtsk. d. Gg. v. Halle a. S. 1 : 100 000. 93.
—, g. Übersichtsk. d. Gg. v. Halle u. Mansfelder Mulde 1 : 100 000.
Beyschlag u. v. Fritsch, Jüng. Steinkohlengeb. i. d. Prov. Sachsen. Abh. g. La. Berlin 00.
Ewald, g. K. d. Prov. Sachsen v. Magdeburg b. z. Harz. 4 kol. Bl. 1 : 100 000. 64.
Fischer, z. Vorgesch. v. Bernburg. Pr. 83.
v. Fritsch, d. Saalthal zw. Wettin u. Cönnern. Z. f. d. ges. Nat. Halle 88.
—, d. salzige See b. Eisleben. Z. f. d. ges. Naturw. Halle 77 S. 486.
Klockmann, d. g. Aufb. d. sog. Magdeburger Uferrandes. 92.
—, g. K. d. Flechtingen-Alvenslebener Höhenzuges. 1 : 50 000.
Oberbeck, d. naturgeschichtl. Charakter d. U. Bernburgs. Pr. Bernburg 1900.
Precht, d. Salzindustrie von Staßfurt. 85.
Schreiber, d. Bodenverh. v. Magdeburg-Neustadt. m. e. g. K. Jahresber. d. nt. V. Magdeb. f. 87.
Schütze, g. u. min. Lit. d. nördl. Harzvorlandes. 00 u. 01; Magdeburg 02.
Steinecke, d. Saaltal b. Halle. Mitt. d. V. f. Erdk. Halle 88 S. 1.
Ule, d. Mansfelder Seen. Mitt. d. V. f. Erdk. Halle 88 S. 10.
Wahnschaffe, Quartärbi. d. U. v. Magdeburg. A. g. La. 85.
Zech, d. g. Verh. d. n. U. v. Halberstadt. Pr. 94.
—, d. Sch. d. Kreideformation s. v. Halberstadt. Pr. 1900.

e) Thüringen.

Auerbach, Bibliotheca Ruthenea. Gera 92; Nachtr. 00.
Bauer, ü. d. g. Verh. d. Seeberge u. d. Galberges b. Gotha. JB. d. Kö. P. g. La. 81 S. 331—392.
Beyschlag, g. Übersichtsk. d. Thür. W. 1 : 100 000. Berl. 97.
—, g. B. d. Umg. v. Crock i. Thür. Wald. Z. f. N. Halle 82.
—, Erzlagerstätten bei Kamsdorf. JB. g. La. Berl. 88.
—, g. Übersichtsk. d. Thür. Waldes 1 : 100 000.
Bornemann, von Eisenach nach Thal u. Wutha. m. 6 Taf. JB. d. Kö. P. g. La. 83 S. 383—409.
Bücking, Gebirgsstörungen u. Erosionserscheinungen sw. v. Thür. W. JB. d. Kö. P. g. La. 80 S. 60—105; desgl. 83, 84, 86.
Compter, d. mittl. Keuper i. d. U. v. Apolda. Z. f. Naturw. Bd. 77. Stuttg. 04.
Credner, Hnr., d. g. Verh. d. Thür. Waldes u. Harzes. Gotha 43.
Dammer, d. Rotliegende d. U. v. Altenburg i. S.A. JB. d. Kö. P. g. La. Berl. 03.
Emmerich, g. Sk. d. U. v. Meiningen. Pr. d. Realsch. 73.
Frantzen, d. Störungen i. d. U. d. Gr. Dollmars b. Meiningen. JB. d. Kö. P. g. La. 80 S. 106.
Freyberg, d. Oberflächengest. Thüringens. Pr. Magdeb. 98.
Geinitz, Dyas. Leipzig 61.
Griesmann, unsere Ursaale. Saalf. 94. Pr. No. 711.
Grube-Einwald, geogn.-geol. E. i. d. U. Frankenhausens. Pr. 94 u. 96.
Heim, z. Vorgeschichte d. sö. Thür. W. u. s. fränk. Vorlandes. Cobg. 90.
Henkel, g. Spaziergänge in Pfortas U. Naumb. 98.
—, Beitr. z. G. d. nordö. Thüringens. I. Alte Saaleablagerungen. II. Störungszone d. Finne. Pforta, Pr. 03.
Kaiser, d. hydrol. Verh. am NO-hang d. Hainichs. JB. g. La. f. 02.
Liebe, ü. d. Sch.-Aufb. Ostthüringens. A. Z. G. K. v. Pr. u. Th. W. Berl. 84.
Loretz, Cambr.-phyll. Schiefer in Thür. JB. g. La. 81.
—, Vorkommen v. Granit u. veränd. Schiefer im Schleusetal. JB. g. La. f. 86.
—, Uebersicht d. Schichtenfolge im Keuper b. Coburg. JB. g. L. f. 94.
Michael, d. Geschiebevorkommnisse i. d. U. v. Weimar. Pr. 96.
Naturwissenschaftl. u. Geschichtl. v. Seeberg b. Gotha. Gotha 01.
Naumann, Tektonische Störungen d. triadischen Sch. i. d. U. v. Kahla. JB. d. Kö. P. g. La. 97 S. 130—159.
Picard, d. g. Verh. d. Oberherrschaft Schwarzb.-Sondershausen. Sondersh. 05.
Pröscholdt, z. Geschichte d. G. v. Thüringen. Pr. Meiningen 81.

Pröscholdt, d. Marisfelder Mulde u. d. Feldstein b. Themar. JB. d. Kö. P. g. La. 82 S. 190.
—, ü. Talbildung i. ob. Werragebiet. JB. d. Kö. P. g. La. 89 S. 1.
—, d. Thür. W. u. s. nächste U. Fö. z. D. LK. u. VK. Stuttg. 91.
Regel, Thüringen. Bd. 1. Jena 92.
Scheibe, g. Aufnahmen auf Blatt Brotterode. JB. g. La. f. 95.
—, g. Spaziergänge i. Thür. W. (Ilmenau). Jena 02.
Schmid, d. Wachsenburg b. Arnstadt i. Thür. u. ihre U. m. 1 Taf. JB. d. Kö. P. g. La. 83 S. 267—309.
Schütze, Tektonische Störungen d. triadischen Sch. b. Eckardtsberga, Sulza u. Camburg. JB. d. Kö. P. g. La. 98 S. 65.
Wagner, d. ältere Diluvium i. mittl. Saaletale. JB. d. Kö. P. g. La. 04.
Walther, g. Heimatskunde v. Thüringen. Jena 03.
Wohlrab, d. Vogtland als orographisches Individuum. Fo. z. Lk. XII, 2.
Wüst, Pliozän u. ältestes Pleistozän Thüringens. Stuttg. 00.
—, Beiträge z. Kenntnis d. Flußnetzes Thür. vor d. ersten Vereisung d. Landes. Mitt. d. V. f. Erdk. Halle 01.
Zimmermann, Episoden a. d. Erdgeschichte von Geras U. Unser Vogtland II, 3. 95.
—, G. d. Herzogt. S.-Meiningen. Neue Lk. von Meiningen. H. 43. 03.
—, Zur G. u. besond. Tektonik d. vogtl.-ostthür. Schiefergeb. Z. d. d. g. G. 02.

f) Rhön.

Bücking, Ü. d. vulk. Durchbrüche i. d. Rhön. Z. f. Geophysik 03.
v. Gümbel, g. Rundschau v. Kissingen (in: Sotier, Bad Kissingen).
Lenk, z. g. K. d. s. Rhön. Verh. d. Ph.-med. Ges. Würzb. 87.
Pröscholdt, g. u. petrogr. Beiträge z. Kenntnis d. „Langen Rhön". JB. d. La. 84 S. 239.
—, ü. d. g. Bau d. Centralstockes d. Rhön. JB. d. Kö. P. g. La. Berl. 93.
Rinne, d. Dachberg, e. Vulkan d. Rhön. JB. d. Kö. P. g. La. Berl. 86.
Sandberger, z. Naturgeschichte d. Rhön. Gemeinnütz. Wochenschr. 1—6. Würzb. 81.
Seyfried, g. Beschreibung d. Kreuzbergs i. d. Rhön. Dr. Straßb. 97.
Singer, Beitr. z. Kenntnis d. am Bauersberg b. Bischofsheim vork. Sulfate. Dr. Würzb. 79.
Söllner, g. Beschreibung d. Schwarzen Berge i. d. s. Rhön. JB. d. Kö. P. g. La. 01 S. 1—78.

g) Rheinland-Westfalen.

v. Dechen u. Rauff, g. u. min. Lit. d. Rheinpr. u. Westfalen bis 87.
Kaiser, g.-min. Lit. d. rhein. Schieferg. 87—00, 2 Teile 03 u. 04.

Altenburg, d. Kreidegebiet i. Südlimburg u. im Haspengau. Pr. Eupen 95.
Beißel, d. Aachener Sattel. 86.
Blanckenhorn, Trias am N.-Rand d. Eifel. A. g. La. 85.
B. d. Kö. Preuß. Bergreviere. Bearb. im Auftr. d. Oberbergamtes z. Bonn.
Carthaus, d. Triasformation im nordö. Westfalen. 86.
v. Dechen. g. B. d. Siebengebirges Bonn 52.
—, g. u. pal. Übersicht d. Rheinprov. u. Westfalens. Bonn 84.
—, g. F. d. Vordereifel. 86.
—, g. Übersichtsk. d. Rheinprov. u. d. Prov. Westfalen. 1 zu 500000. 83.
Follmann, d. Eifel. Fo. z. deutsch. Lk. VIII, 3. Stuttg. 94.
Holzapfel, d. Rheintal v. Bingerbrück b. Lahnstein. A. d. Kö. P. g. La. H. 15. Berl. 93.
Hörnicke, d. Lagerungsverh. d. Karbons u. Zechsteins a. d. Ibbenbürener Bergplatte. Dr. Gießen 01.
v. Lasaulx, Wie d. Siebengebirge entstand. Frommel u. Pfaff. Samml. v. Vortr. XII, 4.
Laspeyres, d. Siebengebirge a. Rhein. m. g. K. Bonn 01.
Oeynhausen, g. K. d. U. d. Laacher Sees. 1 : 25000. Berl. 47.
Rothpletz, d. Rheintal unterhalb Bingen. m. 2 T. JB. d. La. 95 S. 10—39.
Schjerning, Aachen u. s. U. Pr. No. 433. Aachen 90.
Schulz, d. Eifelkalkmulde v. Hillesheim. JB. d. Kö. P. g. La. 82 S. 158.
Waldschmidt, ü. d. mitteldevonischen Sch. d. Wuppertales b. Elberfeld. Pr. Elberfeld 88.

h) Nordöstliche Provinzen.

Berendt u. Dames, g. B. d. U. v. Berlin. J. Kö. Preuß. g. La. 85.
—, g. Übersichtsk. d. U. v. Berlin 1 : 100000.
—, Geognosie d. Altmark. 89.
—, Keilhack, Schröder u. Wahnschaffe, F. d. Tl. d. norddeutsch. Flachlandes. JB. d. Kö. Preuß. g. La. Berl. 97.
Bezzenberger, d. kurische Nehrung. Fo. z. d. Lk. u. Vk. 89.
Credner, Lk. Lit. v. Vorpommern u. Rügen. I. Jahresbr. d. g. Ges. z. Greifswald. 82—83.
—, Rügen, eine Inselstudie. Fo. z. deutsch. Lk. Stuttg. 93.
Dames, d. Glazialbi. d. norddeutsch. Tiefebene. 86.
Deecke, d. min., g. u. paläontol. Lit. üb. d. Prov. Pommern. Mitt. d. nt. V. f. Neuvorpommern u. Rügen. XXV, 93.
—, neue Materialien z. G. v. Pommern. Greifsw. 01/2.
—, Geol. F. d. Pommern. Berlin 99.
Elbert, d. Entwickelung d. Bodenreliefs v. Vorpommern u. Rügen. Greifsw. 04.
Eck, Rüdersdorf u. U. e. g. Monogr. Berl. 72 mit Lit.-Verz.; hierzu Nachtr. JB. g. La. 91.
Fiebelkorn, g. Ausflüge i. d. U. v. Berlin. Berl. 96.

Friedrich, Zusammenstell. d. d. Lk. d. Lübeckischen Staatsgebietes betr. Lit. Mitt. d. geogr. Ges. i. Lübeck 85.
Gagel u. Müller, d. ostpr. Endmoränen bei Ortelsburg u. Neidenburg. JB. g. La. f. 96.
Geinitz, d. g. Lit. Mecklenburgs. Arch. d. V. d. Freunde d. Naturgesch. i. Mecklenburg. 78.
—, Übersicht d. G. Mecklenburgs. 85.
—, d. Boden Mecklenburgs. 88.
—, Beitrag z. G. Mecklenburgs. 89.
—, g. F. d. Mecklenburg. m. 1 Übersichtsk. 1 : 230000. 99.
Gottsche, d. Endmoränen Schleswig-Holsteins. Hamb. 97.
Haas, d. g. Bodenbeschaffenheit Schleswig-Holsteins. Kiel 89.
Hahn, d. Lk. Lit. d. Prov. Ost- u. West-Preußen. Geogr. Ges. z. Königsberg.
Jentzsch, g. Sk. d. Weichseldeltas. 81.
—, d. tiefere Untergrund Königsbergs. JB. g. La. f. 99.
—, d. vordiluv. Untergrund d. no.-deutschen Flachlandes. JB. g. La. f. 99.
Keilhack, d. baltische Höhenrücken i. Hinterpommern u. Westpreußen. JB. d. Kö. P. g. La. 89 S. 149.
—, G. u. Morph. d. U. Stettins. Ges. f. Erdk. z. Stettin. 01.
—, Zusammenstell. d. g. Schr. u. K. ü. d. ost-elbischen Tl. d. Kö. Preuß. ohne Schlesien u. Schleswig-Holstein. A. d. Kö. Preuß. g. La. 93. N. F. H. 14.
—, d. Drumlinlandschaft i. Norddeutschland. JB. d. Kö. P. g. La. 96 S. 163.
—, d. Stillstandslagen d. letzten Inlandeises u. d. hydrogr. Entwickelung d. pommerschen Küstengebietes. m. 14 T. JB. d. Kö. P. g. La. 98 S. 80—152.
—, Ef. i. d. Verständnis d. g.-agronom. Spezialk. d. norddeutsch. Flachlandes. Berl. 01.
Kurtze, Leitfaden f. d. Unterricht i. d. G. i. d. ober. Klassen. Pr. Neustrelitz 84.
Laufer, d. Babelsberg. JB. d. Kö. P. g. La. 80 S. 294.
Lossen, d. Boden d. Stadt Berlin. Berl. 79.
Maas, ü. Endmoränen i. Westpreußen u. angrenz. Gebieten. JB. d. Kö. P. g. La. 1900 S. 93.
Mertens, Monogr. Studie ü. d. s. Altmark. Mitt. d. V. f. Erdk. Halle 92.
Puggard, G. d. Insel Möen. Lpz. 52.
Remelé, g. Übersichtsk. d. Gg. v. Eberswalde 1 : 150000. Berl. 81.
Schöne, d. Fläming. Dr. Lpz. 98.
Scholz, d. Försterei Kalkberg b. Fritzow i. P. 87.
—, ü. d. g. Verh. v. Greifswald. Greifsw. 89.
Träger, d. Halligen d. Nordsee.
Wahnschaffe, d. Ursachen d. Oberfl.-gest. d. norddeutsch. Flachlandes. Stuttg. 1900.



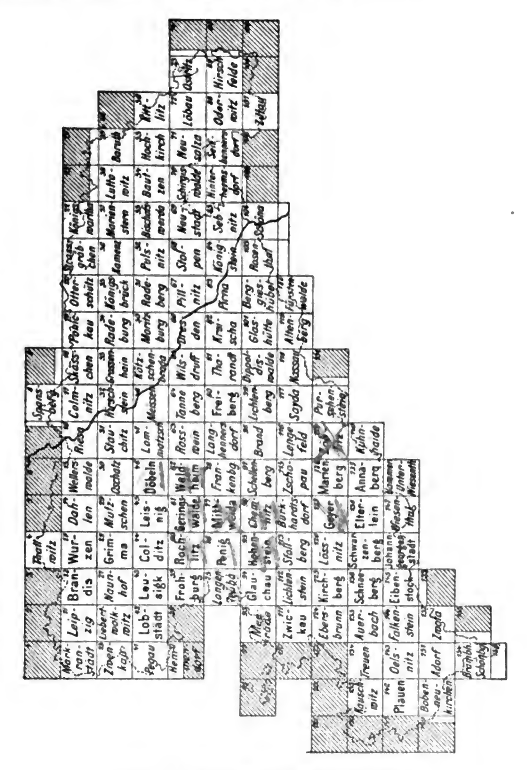
Zache, Grundlinien z. einer Geognosie d. Berliner Ug. 93.
Zweck, d. Bi. d. Triebsandes a. d. Kurischen u. d. Frischen Nehrung. 03.

7. Königreich Sachsen.

Alle Blätter d. g. Spezialk. d. Kö. Sachsen (s. Fig. 7) sind erschienen, viele in zweiter Auflage.
Jentzsch, g. u. min. Lit. d. Kö. Sachsen u. angrenz. Landesteile b. 73. Lpz. 74; Nachtr. Z. f. d. ges. Naturw. 74.
Beck, d. Rotliegende d. Plauenschen Grundes. Z. g. Ges. 91 S. 767.
—, g. Wegweiser d. d. Dresdener Elbtalgebiet zw. Meißen u. Tetschen. m. K. Berl. 97.
(Beyer u. März, d. Lausitz [1].)
(Bohn, Zwickau-Chemnitzer Kohlengebiet.)
(Credner, g. Übersichtsk. v. Sachsen.)
—, g. F. d. d. sächs. Granulitgb. Lpz. 80.
—, g. Übersichtsk. d. sächs. Granulitgb. 1 : 100 000. Lpz. 83.
—, d. g. Verh. d. Stadt Leipzig. a. d. Festschr. 91.
Danzig, ü. d. eruptive N. gew. Gneise, sow. d. Granulits im sächs. Mittelgb. Dr. Kiel 88.
(Ebner u. Ulbricht, d. Leipziger Tieflandsbucht.)
Etzold u. Wittich, g. Querschnitt d. Sachsen v. Südabhange d. Erzgb. b. Leipzig. Lpz. 02.
Francke, Nachweise a. d. U. v. Rochlitz ü. d. fortdauernden Veränder. d. Erdob. Pr. No. 545. Rochlitz 88.
Friedrich, g. B. d. Südlausitz. Zittau 71.
—, d. g. Verh. d. U. v. Zittau. Br. d. Gymn. z. Zittau. 98.
Gebauer, Bilder a. d. sächs. Berglande. 83.
Geinitz, d. Elbtalgb. i. Sachsen. 2 Bde. m. 113 T. Kassel 71/75.
v. Gutbier, d. Sandformen d. Dresdner Heide. 65.
Hausse, Profile d. d. Becken d. Plauenschen Grundes. 91.
Herrig, g.-g. B. v. Annaberg. Pr. Seminar Annaberg.
Hettner, Gbbau u. Ob. Gest. d. Sächs. Schweiz. Fo. z. Deutsch. Lk. u. Vk. II 4.
Holtheuer, d. Talgebiet d. Freiberger Mulde. g. Wandersk. u. Landschaftsbilder. Leisnig 01.
Jacobi, ü. Talbi. im w. Erzgb. Flußgebiet d. Zwickauer Mulde. Pr. Werdau 82.
Kästner, z. Genesis d. Granulitgb. Centralbl. f. Min. etc. 04 No. 7 u. 20.
(—, F. d. d. U. Frankenbergs.)
Ketzer, Ob.bau d. Talsystems d. Zwickauer Mulde. Pr. 02.
(Mahler u. Kästner, d. Mittelgebirge.)
März, Berg u. Tal d. Heimat. Geol.-geogn. Wanderungen um Löbau. Löbau.

1) Die in Klammern stehenden Werke sind noch nicht erschienen.

May u. Tittel, d. Oschatzer Hügel- u. Tieflandsgebiet.
Mehner, Beiträge z. G. d. U. v. Wurzen. Pr. 82.
—, **d.** g. Verh. d. näheren u. ferneren U. v. Freiberg i. Anschlusse a. d. Unterricht i. d. G. Pr. Freiberg 92.
Naumann, Bautzen u. d. g. Aufb. s. U. 96.



7. Geol. Karten des Königreichs Sachsen.

Nessig, E. i. d. U. v. Dresden. 98.
Nestler, d. erzgebirgische Natur. Festschr. d. Erzgebirgsver. 03.
—, Landschaftliches a. d. Zschopautale. Annaberg.
Pelz, G. d. Kö. Sachsen. Lpz. 04.
—, G. d. Heimat, gez. a. sächs. Erzgebirgsystem. Lpz. 03.
Popig, d. Stellung d. sö. Lausitz i. Gebirgsbau Deutschlands. Fo. z. d. L.- u. Vk. 03.
Rathsburg, Geomorphologie d. Flöhagb. i. Erzgebirge. Fo. z. deutsch. Lk. XV, 5. Stuttg. 04.
Schöne, landschaftl. Einzelgliederung d. sächs. Elbtales unterh. Pirna. Lpz. 04.
—, Landschaftsbilder a. d. Kö. Sachsen. Meißen 05.
—, d. Elbtal.
Schunke, g. Übersichtsk. d. Kö. Sachsen. 1 : 687 500. Dresden.
Schumacher, d. Gebirgsgruppe d. Rummelsberges b. Strehlen. Z. d. D. g. G. Bd. 30. Berl. 78.
(Seidel, d. Erzgebirge.)
Simon, d. Vogtland.
Sterzel, Paläont. Charakter d. ob. Steink. Form u. d. Rotl. i. erzgebirg. Becken. Br. d. nt. Ges. Chemnitz 81 S. 155.
—, d. g. Verh. d. Gg. v. Chemnitz. a. d. Festschr. d. V. d. Ingenieure. Chemn. 98.
Streubel, Waldenburg u. U. 04. („Waldenb. Heimatsschrift.")
Stübler, d. Sächs. Schweiz.
Trommer, d. Vegetationsverh. i. Gebiete d. oberen Freiberger Mulde. m. e. g. K. Pr. Freiberg 81.
Weise, e. g. Profil d. d. Stadt Plauen. 04.

8. Württemberg.

Von der g. Spezialk. 1 : 50 000 sind alle Blätter (Fig. 8) erschienen.
Schütze, Verz. d. mineral.-g. Lit. v. Württemberg. Stuttg. 02.
B. d. Oberämter. Herausgeg. v. Kö. statist. topogr. Bur. E. B. d. Oberrhein. g. V.
Regelmann, g. Übersichtsk. v. Württemberg u. Baden, d. Elsaß, d. Pfalz u. d. weiterhin angrenzenden Gebieten. 5. Aufl. 1 : 600 000. Stuttg. 05.
—, Tekton. K. SW.-Deutschlands. 1 : 500 000. Herausgegeb v. oberrh. Ver.
D. Kö. Württemberg. e. B. nach Kreisen, Oberämtern u. Gemeinden. Stuttg. 04.
Achenbach, g. K. d. Hohenzollerschen Lande.
Branco, Schwabens 125 Vulkan-Embryonen. Stuttg. 94.
— u. Fraas, d. vulk. Ries. A. Akad. Berl. 01.
—, d. vulk. Vorries u. s. Beziehung z. vulk. Riese b. Nördlingen. Berl. 03.
Endriß, G. d. Höhlen d. Schwäb. Albgebirges. Z. g. Ges. 92 S. 49.

Engel, ü. d. Lager. verh. d. weißen Jura b. Heubach. W. JH. 69 S. 57.
—, g. Wegweiser d. Württemberg. Stuttg. 96.
—, d. Schwabenalp u. i. g. Aufb. 04.
Fraas, E., d. g. Aufb. d. Steinheimer Beckens. W. JH. 1900 S. 47.

Topographischer Atlas von Württemberg

Maßstab 1:50000 in 55 Blättern

8. Geol. Kartenaufnahme von Württemberg.



Fraas, O., d. g. Verh. d. Haller Gegend. W. JH. 81 S. 36.
—, d. g. Verh. v. Heilbronn. W. JH. 1885 S. 43.
—, Geogn. v. Württemberg. 87.
—, d. natürl. Verh. d. Sparchinger Gg. W. JH. 88 S. 3.
Haag, z. G. v. Rottweils U. Pr. 97.
Kessler, B. d. Ländchens Sigmaringen. 93.
Kranz, g. Führer f. Nagold u. weitere U. Nagold 03.
Miller, g. Verh. d. U. v. Schramberg. 72.
Penck, E. n. Oberschwaben u. d. Bodensee. 93.
Probst, g. Sk. d. U. v. Biberach. W. JH. 66 S. 45.
—, d. Hochgeländ. W. JH. 73 S. 131.
—, Fauna u. Flora d. Molasse. W. JH. 79 S. 221.
—, B. e. Lokalitäten i. d. Molasse Oberschwabens. W. JH. 88 S. 64.
Schneiderhan, d. U. v. Bebenhausen. Dr. Stuttg. 04.
Weber, ü. d. G. d. Hegaus. Mitt. d. nt. Ges. Winterthur. 1900. m. K. 1 : 50 000.

Der reisende Geologe wird auch nicht versäumen, die geologischen Sammlungen zu besuchen, von denen besonders folgende zu nennen sind:

Berlin: Museum für Naturkunde, Invalidenstraße 43. — Berlin: Bergakademie, Invalidenstraße 44. — Bonn: Poppelsdorfer Schloß und Geol. Institut. — Braunschweig: Polytechnikum. — Breslau: Schuhbrücke 38. — Chemnitz: Annabergerstraße 25. — Coburg: Veste Coburg. — Darmstadt: Alt. Schloß. — Dresden: Zwinger. — Eichstädt: Lyzeum. — Freiburg i. B.: Hebelstraße 40. — Göttingen: Naturh. Museum. — Gotha: Schloßallee 15. — Halle: Dornstraße. — Hamburg: Steintorwall. — Hildesheim: Römermuseum. — Jena: Schillerstraße. — Karlsruhe: Friedrichsplatz. — Königsberg i. P.: Lange Reihe 4. — Leipzig: Talstraße. — Magdeburg: Domplatz 5II. — Marburg: Renthofstraße. — München: Alte Akademie, Neuhauserstraße 51. — Prag: Wenzelsplatz. — Rostock: Blücherplatz. — Straßburg i. E.: Blessigstraße 1. — Stuttgart: Neckarstraße. Tübingen: Münzgasse 22. — Weimar: Luisenstraße. — Wien: Burgring 7. — Würzburg: Pleichertorstraße 34.

Zahlreiche andere öffentliche oder private reichhaltige Sammlungen sowie die Adressen aller Geologen findet man aufgezählt in dem Kalender für Geologen, herausgeg. von J. Böhm. (Leipzig M. Weg.)

Erklärung der Fremdwörter.

(f. = französisch, g. = griechisch, i. = italienisch, l. = lateinisch, s. = spanisch.)

Abrasion (l. Abscherung), die abtragende Wirkung d. Meereswellen.

Äolisch (g.), durch den Wind getragen oder bearbeitet.

Äquivalent (l. gleichwertig), Schichten od. Versteinerungen von gleichem geologischen Alter.

Alluvionen (l. Anschwemmungen), Ablagerungen der Gegenwart.

Antiklinale (g. entgegengesetzt geneigt), sattelförmiger Schichtenbau.

Apophysen (g. Abzweigungen), die von einem Gang ausgehenden Seitengänge.

Archäisch (g. alt), die ältesten, versteinerungsfreien Gesteine vom Charakter der kristallinischen Schiefer.

Atmosphärilien (g.), die in der Lufthülle der Erde tätigen klimatischen Kräfte.

Autochthon (g. daselbst gegründet), an Ort und Stelle gebildete (Kohlen-)Masse.

Azoisch (g. leblos), die Urgesteine (kristallinische Schiefer).

Cañon (s. Talschlucht).

Chronologie (g. Zeitlehre), die Aufeinanderfolge der Gesteine und Versteinerungen.

Deflation (l. Abblasung), die Abhebung verwitterter Felsbestandteile durch bewegte Luft.

Dendriten (g.), baumartige Zeichnung.

Denudation (l. Entblößung), die Abtragung der Verwitterungsdecke von dem anstehenden Gestein.

Diskordant (l. unregelmäßig), Überlagerung gefalteter oder geneigter Schichten durch horizontale Deckschichten.

Dislokation (l. Lageveränderung), die Zerbrechung, Faltung oder Verschiebung der Erdschichten durch den Gebirgsbildungsvorgang.

Epigenetisch (g.), später entstanden.



Epizentrum (g.), über dem Mittelpunkt.
Erosion (l. Ausnagung), die Ausräumung des Felsschuttes der Talrinne durch fließendes Wasser.
Erratisch (l. irrend), eisgetragen.
Eruption (l. Ausbruch), das Aufdringen vulkan. Massen.
Etage (f. Stockwerk), Unterabteilung eines Schichtensystems.
Etikette (f. Aufschrift), Zettel mit der Fundortsangabe eines Gesteins oder Fossils.
Exaration (l. Auspflügung), die abtragende und ausräumende Tätigkeit fließenden Eises.
Exkursion (l.), wissenschaftlicher Ausflug.
Fazies (l. Antlitz), die unterschiedliche Ausbildung gleichzeitig gebildeter Gesteine.
Flexur (l. Biegung), Z-förmig gebogene Schichten.
Fluidal (l. geflossen), unregelmäßig fließende Bänderstruktur eines aus einem Schmelzfluß erstarrten Gesteins.
Formation (l. Bildung), die Gesteine und Versteinerungen eines bestimmten Zeitabschnittes der Erdgeschichte.
Fossilien (l. ausgegraben), Überreste oder Spuren von ausgestorbenen Pflanzen und Tieren.
Ge-isothermen (g.), Flächen gleicher Wärme in der Erdrinde.
Geologie (g. Erdwissenschaft), die Lehre von der Beschaffenheit, Veränderung und Entstehung der Erde.
Geothermisch (g. zur Erdwärme), die gesetzliche Verteilung von Gebieten gleicher Wärme in der Erdkugel.
Glacial (g. Eis), durch Eis entstanden oder getragen; während der Eiszeit gebildet.
Habitus (l. Tracht).
Historisch (g. die Zeit betreffend).
Horizont (g. Grenzlinie), eine durch leitende Fossilien bestimmte Schicht.
Hydrographie (g. Wasserbeschreibung), die Lage und Verbindung der fließenden und stehenden Gewässer.
Interglacial (l. zwischen Eis), die zwischen zwei Vorstößen des diluvialen Eises gebildeten Ablagerungen und die darin enthaltene Flora und Fauna.
Intrusion (l. Eindringen des Magmas in die Erdrinde) (plutonisch).
Isohypsen (g. gleiche Höhe), Linien gleichen Abstandes vom Erdmittelpunkt.
Känozoisch (g. neue Tiere), Gesteine und Versteinerungen der letzten Abschnitte (Tertiär, Diluvium, Gegenwart) der Erdgeschichte.
Katastrophe (g.), zerstörendes Ereignis.
Klastisch (g. zerbrochen), aus Trümmern bestehend.
Kolorieren (l. färben).
Komplex (g. Verband).
Konkordant (l. gleichmäßig), unter sich parallele Schichten.
Konkretion (l. Zusammenziehung), chemisch abgeschiedene Mineralknollen, deren Wachstum durch Auflagerung von außen erfolgt ist.
Kontakt (l. Berührung), die Einwirkung der Erdwärme auf das kältere Nebengestein.

Krater (g. Mischkrug), trichterförmige Mündung eines Vulkanes.

Kristall (g. Eis), die gesetzmäßige Gestalt einer chemischen Verbindung.

Kristallographie (g. Kristallbeschreibung), die Lehre von den geometrischen Eigenschaften der Mineralien.

Kurve (l.), gebogene Linie.

Lakkolith (g. Brotlaibstein), pilzförmig nach oben verbreiterte Masse eines Tiefengesteins.

Lapilli (i. Steinchen), mittelgroße Stückchen vulkanischer Asche.

Lee, dem Wind abgekehrt.

Legende (f. Erklärung).

Lithogenesis (g. Gesteinsbildung).

Lithologie (g. Gesteinswissenschaft).

Luv, dem Wind zugekehrt.

Magma (g. Gemisch), eine glutflüssige Gesteinsmasse (Erdinneres).

Maximal (l. größte).

Mesozoisch (g. Mittel-Tiere), Gesteine und Versteinerungen des Mittelalters (Trias, Jura, Kreide) der Erdgeschichte.

Metamorphose (g. andere Gestalt), die Umwandlung der Gesteine durch Druck und Hitze.

Mikrolith (g. kleiner Stein), nur mikroskopisch erkennbare kleine Kristalle.

Mineralogie (g. Mineralienwissenschaft), die Lehre von den Eigenschaften, dem Vorkommen und der Bildungsweise der einzelnen Mineralien.

Moräne (f.), Anhäufung von Felsschutt auf oder in Gletschereis.

Oolith (g. Rogenstein).

Paläontologie (g. alte Lebewesen-Wissenschaft), d. Lehre von den Formen, der Lebensweise und Verwandtschaft, sowie dem geologischen Vorkommen der ausgestorbenen Tiere und Pflanzen.

Paläozoisch (g. alt-Tiere), Gesteine und Versteinerungen der älteren Abschnitte (Cambrium, Silur, Devon, Carbon, Perm) der Erdgeschichte.

Periode (g. Zeitraum).

Petrefakt (g.l. steingeworden), Versteinerung.

Petrographie (g. Gesteinsbeschreibung), die Lehre vom mikroskopischen Aufbau der Gesteine.

Phase (g. Erscheinung, Zustand).

Physica pauperum (l. Physik der Armen), ohne teuere Apparate.

Phytogen (g. durch Pflanzen gebildet).

Plastisch (g. bildsam).

Plateau (f.), Tafelland.

Pseudomorphose (g. falsche Gestalt), das Auftreten einer Mineralmasse in der Kristallgestalt einer anderen.

Recent (l. neu), eine lebende Pflanzen- oder Tierart oder eine jetzt noch sich vollziehende geologische Veränderung.

Relativ (l. verhältnismäßig).

Rhoologie (g. Flußwissenschaft), die Lehre von der gesetzmäßigen Bildung der Flußgerölle.

Säkular (l. durch Jahrhunderte),

ein langsam erfolgender Vorgang.

Sediment (l.), Absatz, Niederschlag.

Sekretion (l. Ausscheidung), Ausfüllung eines Hohlraumes durch Mineralmassen, bei denen die innersten zuletzt entstanden.

Sektion (l. Abschnitt), ein Landkartenblatt.

Signatur (l.), Zeichen zur Darstellung bestimmter Dinge auf der Karte.

Skala (g.), Maßstab.

Spezifich (l.), besonders.

Stratigraphie (g. Schichtenbeschreibung), die Lehre von der gesetzmäßigen Aufeinanderfolge der Erdschichten.

Struktur (l. Gefüge).

Stylolithen (g. Zapfensteine), geriefte Zapfen mit denen gelegentlich Kalksteinschichten ineinander greifen.

Synklinale (g. Zusammenbiegung), muldenförmiger Schichtenbau.

Tektonik (g. Baulehre), der geologische Aufbau der festen Erdrinde.

Topographie (g. Ortsbeschreibung) a) die Gestalt der Oberfläche eines Landes; b) die Aufnahme der Bodengestaltung eines Landes (im Anschluß an die trigonometr. Punkte). Die Aufnahme erfolgt auf dem sog. Meßtisch, die einzelnen Karten werden dementsprechend als Meßtischblätter bezeichnet.

Triangulierung (l.), die Herstellung d. Vermessungsgrundlage für ein Land durch ein darübergelegtes Dreiecksnetz. Die Punkte desselben heißen trig. Punkte.

Vegetation (l. Pflanzenwelt).

Zoogen (g. tiergebildet), durch Anhäufung tierischer Reste entstandene Gesteine.

Zone (g. Band), eine durch Gesteinseigentümlichkeiten oder Versteinerungen deutlich erkennbare Unterabteilung eines Schichtensystems.

Sachverzeichnis.

Abblasung 32.
Abdruck 170.
Abgedeckte Karten 181.
Abkühlung 16.
Abnutzung der Steine 34, 39.
Abraumsalze 48.
Absinken des Schuttes 28.
Absonderungsklüfte 60.
Abtragung der Berge 125, 138, 140.
Achatdruse 85, 86.
Ackererde 11, 17, 20, 21.
Adern 66.
Aetna 160.
Alabaster 54.
Alaunton 53.
Albanergebirge 160.
Albit 50.
Alluvium 175, 181.
Alter der Gebirge 135.
Alter, relatives 189.
Andesin 50.
Anhydrit 49, 54.
Anorthit 50.
Anstehend 11.
Anthrazit 52.
Aplit 56.
Aräometer 123.
Arkose 52.
Asche, vulkanische 52, 56, 163.
Aschenbestandteile 21, 26.
Aschengesteine 163.
Aschenkegel 160.
Aschenwolke 159.
Atoll 109.
Auelehm 36.
Aufschluß 10, 61, 166.
Augit 50.
Augitschiefer 58.
Auskeilen 61, 66.
Ausnagung der Täler 33.
Aussichtsänderung 143.
Australien 93.

Bakterien 20, 25, 71.
Baltischer Höhenrücken 126.
Bank 61.
Barbarossahöhle 87.
Basalt 57.
Basaltkuppe 29, 131, 161.
Basaltsäule 65.
Basische Felsarten 52.
Berge 125 f.
Bergfeuchtigkeit 74, 81.
Bergkristalle 49, 86.
Bergmodell 134.
Bergrutsch 28.
Bergschlipf 28.
Bergsturz 28, 41, 98.
Bernstein 169.
Bimsstein 52. 56.
Binneneis 38, 53, 55.
Biotit 50.
Blockmeere 31.
Blöcke, erratische 41, 53

Blutregen 33.
Bodenarten 23.
Bodenbewegung 22.
Bodensee 40, 112.
Böschung des Geländes 13, 26, 134.
Bogendüne 120.
Bohrmuscheln 118.
Bomben 163.
Brackwasser 115.
Brandung 117, 118.
Brauneisen 51.
Braunkohle 52.
Breccie 46, 52, 81.
Brienzer See 112.
Bruch 136.
Bruchlinie 136.
Buntsandstein 175.

Cambrium 175.
Carbon 175.
Cenoman 175.
Chlorit 51.
Chloritschiefer 58.
Culm 175.
Cyanit 51.

Dammerde 11.
Dämpfe, vulkanische 163, 164.
Deckglas 45.
Deflation 32.
Delta 112.
Dendriten 170.
Devon 175.
Diabas 57.
Diabastuff 57.
Diagonalschichtung 52, 61.
Diallag 50.
Diluvium 175.
Diorit 56.
Diskordanz 186.
Dogger 175.
Doline 89.
Dolomit 54.
— asche 54.
— spat 49.
Doppelspat 49.
Druse 85, 86.
Duckstein 55, 80, 81
Dünen 119, 120, 121.
Dünnschliff 45, 162.

Ebbe 117.
Edelsteine 37.
Eis 37, 44, 48, 55.
Eisberg 55.
Eisenkies 51.
Eisenspat 51.
Eisfelder 38.
Eistransport 39, 41, 53.
Eiszapfen (Versuche) 31, 44.
Eiszeit 40, 53.
Eklogit 59.
Elbe 95.
Engerlinge 22.
Enstatit 51.
Entglasung 57, 151, 162.
Eocän 175.
Epidemien 72.
Epizentrum 142.
Erdbeben 65, 89, 141, 155, 156.
Erdfall 54, 87, 88, 111, 114.
Erdpyramiden 130, 131.
Erdwärme 128.
Erläuterungsheft 166.
Erosion 33, 98, 99, 100.
Erwärmung der Gesteine 15, 23, 24.
Erzbildung 152.
Erzgang 84, 164.
Etikette 14.
Ewige Täufe 65.

Fährten 64, 169.
Fallen 68, 69.
Fallwinkel 68, 69, 70.
Falten 127, 138, 139.
Faltungsapparat 145, 146.
Fasergips 54.
Fazies 59, 63.
Felsarten 44.
— saure 52.
Felsblöcke im Boden 27.
Felsen, gewachsene 11.

Felsenmauer 132.
— meer 76.
— strand 117.
Felsit 57.
Feinsand 106.
Fernbeben 142.
Feuerstein 55.
Findlinge 41, 53.
Firnschnee 38.
Flachufer 72.
Flechten 20, 25.
Flöz 61.
Flüsse 31.
—, unterirdische 91.
—, verdunstende 93.
Flußbett 35, 42.
— biegungen 96.
— gerölle 34, 36, 100, 101.
— modell 106.
— regulierung 93.
— rinne 103.
— schlingen 97.
— terrassen 100, 101, 102, 104.
— verschiebung 93—95.
Flußspat 51.
Flut 117.
Formationsnamen 174, 175.
Formveränderung der Landschaft 133.
Fossil 169.

Gabbro 56.
Gang 64, 152.
Ganggesteine 84.
Gangkreuz 84.
Gault 175.
Gebirge 125 f.
Gebirgsdruck 61, 138.
Gebirgsruine 85, 135, 154, 187.
Gefälle 98.
Ge-isothermen 79.
Genfersee 112.
Geologie 2, 4.
Gerölle im Fluß 36, 42.
Geschiebelehm 53.
Gesteinsbrocken, fremde 13.
Gesteinsklüfte 60.
Gewässer, fließende 92 f.
Gewitterregen, Wärme desselben 24.
Geysir 164, 165.
Gezeiten 117.
Gips 48, 54.
Gipsmergel 55.
Glas, vulkanisches 52, 56, 57.
Gliederung 174.
Glimmer 50.
Glimmerschiefer 58.
Gletscher 38, 39, 40.
— schliff 39.
— spalten 39, 40.
— tisch 40.
— tor 39.
— zunge 38.
Gneis 58.
Goldkörner 37.
Graben 127, 145.
Grabstein in Hannover 21.
Gräser 21, 26.
Granat 50.
— fels 58.
Granit 55.
— blöcke 30—31.
— stöcke 108, 152, 153.
Granulit 59.
Graubünden 40.
Grauwacke 53.
Grenzflächen 61.
Grenzsteine, verschoben 29.
Großer Salzsee 111.
Grünstein 57.
Grundmoräne 39, 40, 53.
Grundprobe 115.
Grundriß einer Höhle 91.
Grundwasser 71, 72, 73, 81.

Haarspalten 16, 25.
Haff 121.
Hakenwerfern 28, 29.
Handstücke 60.
Hangend 62.
Harnisch 66.
Harnsaure Salze 19.
Hautsee 113.

Hauyn 51.
Hebung 126, 127, 128.
Höhle 54, 87, 88, 90, 91.
Höhlenbären 90.
Horizont 172.
Hornblende 50.
Hornblendeschiefer 58.
Horst 127, 128, 145.
Humusdecke 31.
Humussäure 114.
Hypersthen 51.

Inlandeis 55.
Insekten 169.
Inselberge 129, 130.
Inseln 130.
—, schwimmende 113.
Isargletscher 40.
Ischia 156.
Isohypsen 178.
Ivrea 126.
Jahrestemperatur, mittlere 79.
Jenenser Marmor 54.
Jura 175.

Kalifeldspat 49.
Kalisalze 48, 54.
Kalknatronfeldspat 50.
Kalksinter 55, 80, 81, 89.
Kalkspat 49.
Kalkstein 53.
Kammlinie 84.
Kanadabalsam 45.
Kaolin 52, 53.
Karsthöhlen 91.
Kartenbild 176.
Kaspisee 111.
Kersantit 56.
Keuper 175.
Kies 106.
Kieselsäure 49.
Kiesstrand 119.
Klamm 18, 99.
Klastische Gesteine 47.
Klimagebiet 132.
Klimawechsel 185.
Klingstein 57.
Klüfte 75.
Knotenkalk 54.
Königsee 111.
Kohle 52, 53.
Kompaß 69.
Konglomerat 46, 52, 81.
Kontakthof 151.
Korngröße der Gesteine 45, 46.
Krakatau 155.
Krater 160.
— see, s. Maar.
Kreide 54, 175.
Kriechspuren 171.
Kristallinische Gesteine 46.
— Schiefer 47, 58.
Kristallkeller 86.
Kugeldiabas 57.
Kugelmühle 34.

Labradorit 50.
Lagerung 68, 185.
Lakkolith 152, 153.
Lamprophyr 56.
Lapilli 163.
Lava 64, 157, 161.
Lavagesteine 161.
Legende 179.
Lehm 53.
— säulen 64.
Leitfossilien 171, 172, 173.
Lesesteine 13, 15.
Letten 53.
Lettenkohle 53.
Leucit 51.
Lias 175.
Liegend 62.
Linse 61, 62.
Literatur, geologische 8 f., 191 f.
Löß 53, 90.
Lösung der Gesteine 16, 82.
Loten 43, 115.
Luftsattel 142.
Luisenburg 31.

Maar 159.
Maßstab 178.
Mäander 97, 106.

Mächtigkeit 62, 70.
Magma 146, 150, 156.
Magneteisen 51, 58.
Malm 175.
Mammut 169.
Mandelstein 56.
Marienglas 48.
Marienhöhle 87.
Marmor 54, 58.
Martinique 164.
Maulwurf 22.
Meereis 55.
Meeresspiegel 116.
Meerestiere 184.
Meeresufer 115.
Meerwasser 19.
Melaphyr 57.
Melilith 51.
Mergel 53.
Meßtischblatt 177.
Metamorphose 47, 53.
Mikrolith 162.
Mikroskop 45, 47.
Mineralogie 3.
Mineralgang 84, 164.
Mineralquellen 17, 77.
Miocän 175.
Mittelschenkel 139.
Modelle, tektonische 147.
Moose 113.
Mulde 139, 142.
Muschelkalk 175.
Muscovit 50.
Mutterboden 11.

Naturspiele 171.
Nehrung 121.
Neocom 175.
Nephelin 51.
Nest 152.
Netzleisten 64.
Niederschläge 92, 105.
Nil 93.
Nivellieren 70, 71.
Norddeutschland 95.
Normalnull 116.

Oberkante 62.
Obsidian 52, 56.
Oder 95.
Oligocän 175.
Oligoklas 50.
Olivin 50.
Orla 94.
Orthoklas 49.

Parasitische Krater 160.
Pechstein 52, 56, 162.
Pegmatit 56.
Perm 175.
Pflanzenabdrücke 170.
— kleid 10.
— wurzeln 11, 21, 22.
Phonolith 57.
Photographie der Talwände 109.
Phyllit 53, 59.
Physica pauperum 1.
Plastizität der Gesteine 138.
Pliocän 175.
Plutonische Gesteine 55.
— Spalten 67.
— Vorgänge 149 f.
Pompeji 160.
Porenvolumen 105.
Porphyr 57.
— säulen 65.
— tuff 57.
Porphyrisch 45, 162.
Porphyrit 57.
— tuffe 57.
Porzellanerde 53.
Profil 168.

Quarz 49.
— fels 55.
— porphyr 57.
Quarzit 53.
Quellen 37, 71—82, 92.
— absätze 55.
—, heiße 164.
— temperatur 77, 81.
—, versiegende 155.
Quellkuppe 157.
Quellensucher 78.

Raseneisenstein 114.
Rauhwacke 54.
Recent 169.
Regen 33.
— menge 17, 31, 92, 105.
— messer 43.
— würmer 21—22, 25.
Reibsteine im Fluß 34.
Rhonegletscher 40.
Rhoologie 2.
Riesentöpfe 36.
Rifflücke 88.
Rippelmarken 63.
Rostbildung 18, 19.
Roteisen 51.
Rotliegendes 175.
Rumpfgebirge 84.
Rundhöcker 39.
Rutschfläche 66.

Saaltal 104.
Salzgehalt 17, 19, 115, 123.
— lager 86.
— seen 111.
— ton 31, 53.
Sammlungen 181.
Samum 33.
Sandkasten 107.
Sandrippen 110.
Sandstein 46, 52, 53.
Sandstrand 119.
Sanidin 49.
Sattel 139.
Säuerling 164.
Säulenbildung 75.
Schaaren 137.
Schalstein 57, 163.
Schichtenfolge 166 f.
— kopf 132.
— störung 134 f.
Schichtung 61, 185.
Schiefer 61, 135, 139, 140.
—, kristallinische 175.
— ton 53.
Schimper, Karl 1.
Schlacken 85.
Schlammstrand 123.
Schlangenwülste 170.
Schleuderthermometer 24.
Schlieren 150.
Schluchten 18.
Schnee, dunkler 33, 42.
— flocken 38.
— grenze 38.
Schörl 51.
Schorre 117.
Schöpfflasche 124.
Schrägschichtung 52, 61.
Schraffur 179.
Schrumpfungsversuch 148.
Schußkanäle 159.
Schuttkegel 34.
Schuttkleid 11, 13, 27.
Schwebend 68.
Schwefelkies 51.
Schwerspat 49, 55.
Sedimentgehalt des Flußwassers 43.
Seebildung 88, 110—111.
— boden 115.
— fläche 114.
— kreide 113.
Seifen 37.
Seitenschub 128, 139.
Senkung 111.
Senon 175.
Serpentin 51, 58.
Sicheldüne 120.
Sickerquelle 77, 81.
Signaturen 177.
Silur 175.
Sinterfahne 89.
Solothurn 40.
Somma 160.
Sonnenwärme 15.
Spalte 60, 64—68, 75, 76, 82, 136.
Spaltenfrost 16.
— züge 82.
Spaltpilze 20, 25, 71.
Speckstein 51.
Spiegel 66.
Sprudel, Karlsbader 79.
Sprunghöhe 66, 67.
Stallgebäude 19.

Stalagmit 88, 89.
Stalaktit 88, 89, 92.
Staubnebel 33.
Stauchung, glaziale 135.
Stausee 98.
Stehende Gewässer 110.
Steilufer 72, 110.
Steinhammer 13.
Steinkern 170.
— kohle 52.
— salz 48, 54.
— schläge 16.
Stirnmoräne 39, 98.
Stock 152.
Störungen 135, 136.
Störungsapparat 144.
Streichen 68, 69.
Stromschnellen 98.
— strich 35, 42, 72, 97.
Strudellöcher 36.
Stunden (Kompaß) 69.
Subfossil 169.
Süßwasserkalk 55, 80, 81, 89.
Sumpferz 114.
Syenit 56.

Talbildung 98, 99, 100, 104.
— stufen 98, 106.
Täler, epigenetische 96.
Talk 51.
— schiefer 58.
Tange 118.
Temperaturkurve 24.
Tertiär 175.
Therme 77, 78, 79, 164.
Thuner See 112.
Tiefengesteine 55.
Tiefenstufe, geothermische 79.
Titanit 51.
Ton 52, 53.
— schiefer 53, 59, 60.
— stein 163.
Tophstein 55, 80, 81.
Topas 51.
Torf 52, 113.
Totes Meer 111, 129.
Trachyt 58.
Transport der Lösungen 31.
Transporteur 70.
Travertin 81.
Treppenstufen 106.
Trias 175.
Trockenrisse 63.
Trum 65.
Trümmergesteine 47, 52.
Tuff 163.
Turmalin 51.
Turon 175.

Uebergreifend 186.
Überschiebung 137.
Unstrut 95.
Unterkante 62.
Urdüne 120.
Urgesteine 58.
Urkalk 58.
Urwald 27.

Verdunstung 43, 105.
Versteinen 80.
Versteinerung 63, 169.
Verwerfung 66, 84, 136.
Verwitterung 15.
—, chemische 17.
—, organische 20.
—, physikalische 15, 65.
Vesuv 156.
Vogelschau 179.
Vulkan 157.
Vulkanische Gesteine 56.
— Spalten 67.
Vulkanismus 155.
Vulkankrater 109.
— ruine 158, 161.

Wachsen der Feldsteine 27, 28.
Wacke 163.
Wanderdünen 121.
Wandersände 122.
Wasserfall 98, 99.
Wasser, frierendes 16.
—, hartes 80.
— horizont 75.
— menge eines Flusses 42.

Wasser, unterirdisches 71.
Wechsellagerung 62.
Weichsel 95.
Wellenfurchen 63, 119.
Weltenraum 128.
Wetterseite 22, 26.
Wind 32.
Wurzeln 21, 22.
Wurzelspitze 21, 25.
Wüste 93.
Wüstenberge 129.
Wüstenseen 110.
— wind 32, 33.

Zechstein 54, 175.
Zeitbestimmung 188.
Zeitfolge 182.
Zeiträume 188.
Zersetzung 18.
Ziegeldach 22.
Zirkon 51.

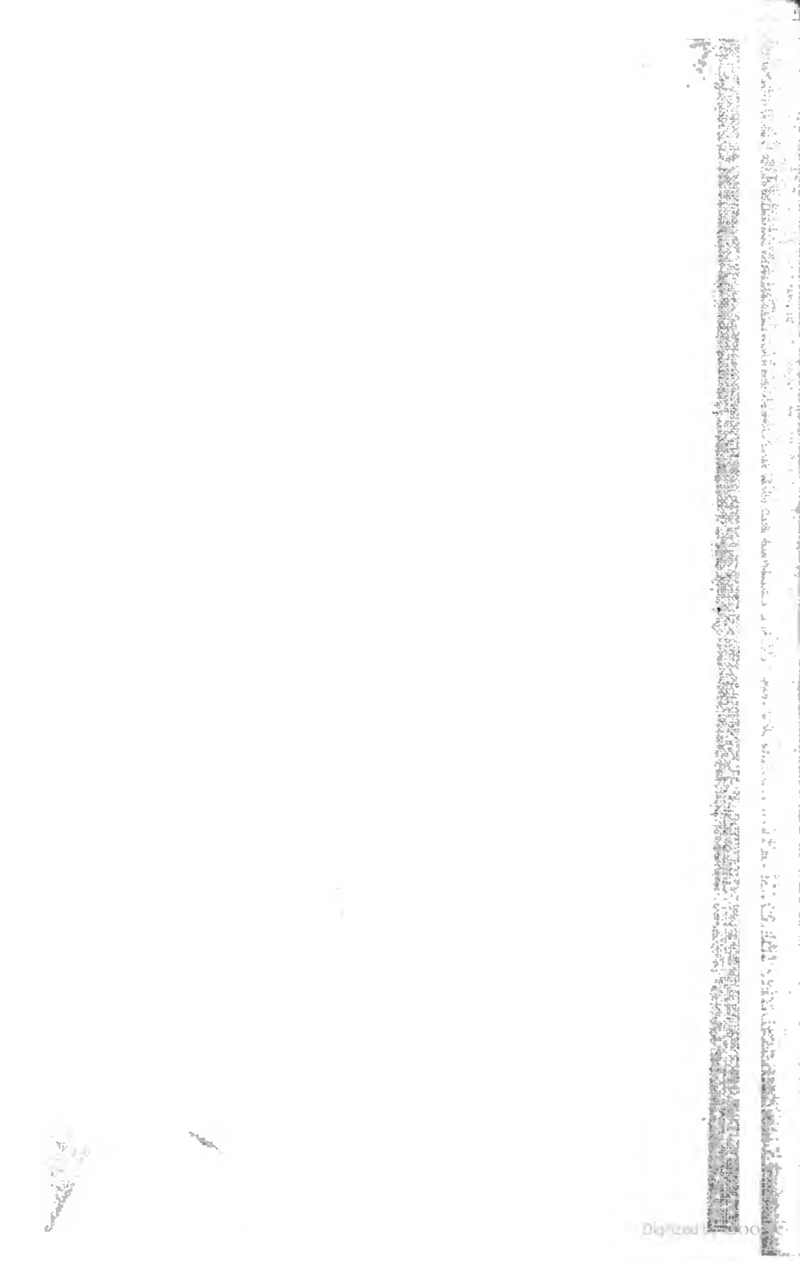
Verbesserungen:

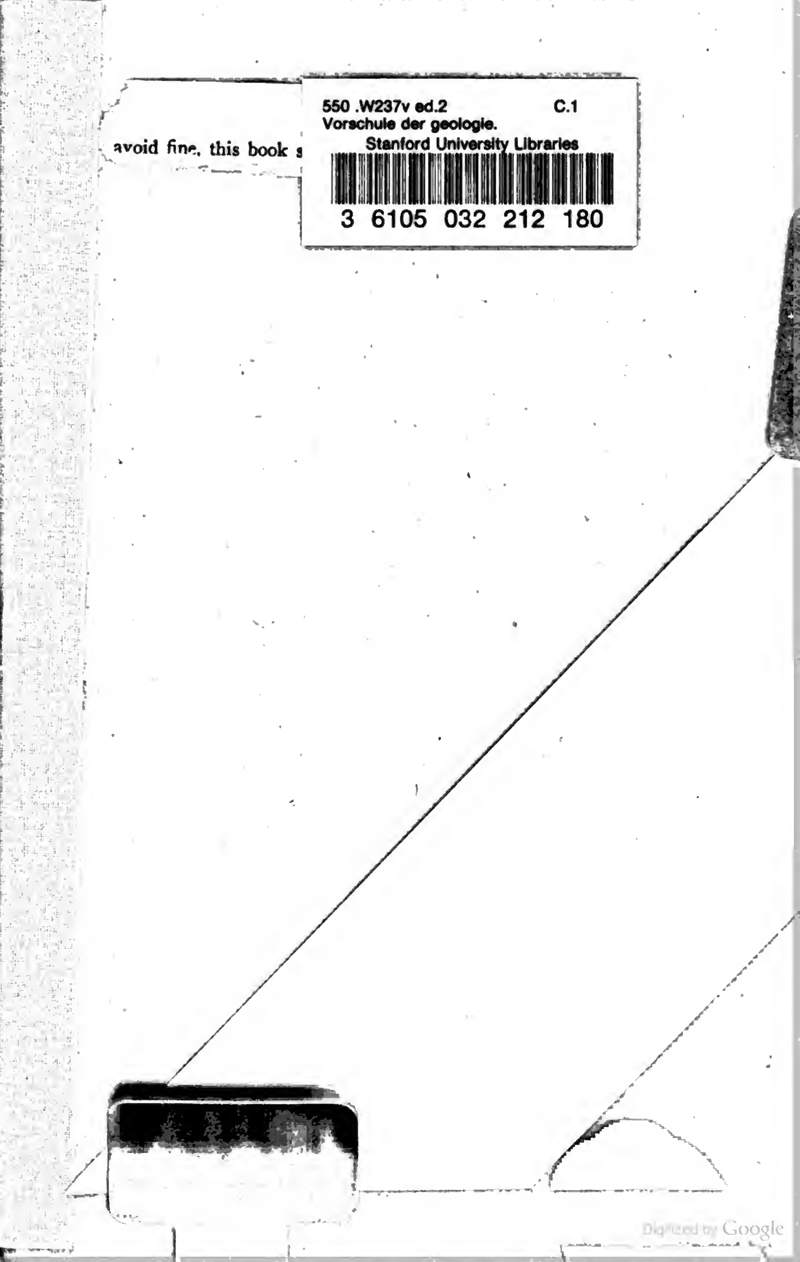
S. 36 Z. 1 v. o. statt Fig. 28 lies Fig. 12.
S. 173 Z. 6 v. u. „ „ 100 „ „ 101.
S. 173 Z. 4 v. u. „ „ 101 „ „ 102.

Dr. Albr. v. Groddeck – Die Lehre von den Lagerstätten der Erze. Leipzig Veit & C. 1879. 8.–

Beust v. Cotta Lehre v. d. Erzlagerstätten ... Freiberg 1859

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena. — 2976




avoid fine, this book s

